Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. N. Schwenzer
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Die thermische Belastung der Mundschleimhaut beim Rauchen als möglicher Risikofaktor bei der Entstehung des Mundhöhlenkarzinoms

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von

Hans-Günther Fritz
aus
Essen

1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549627_0031

Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. N. Schwenzer
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Die thermische Belastung der Mundschleimhaut beim Rauchen als möglicher Risikofaktor bei der Entstehung des Mundhöhlenkarzinoms

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von

Hans-Günther Fritz
aus
Essen

1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. H. Heimann

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. N. Schwenzer

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. P. Riethe

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2.	EINFLÜSSE DES RAUCHENS AUF DIE MUNDHÖHLE	3
2.1	Anatomie der Mundschleimhaut	4
2.2	Chemische und pharmakologische Eigenschaften der verschiedenen Tabaksorten	7
2.3	Physikalische Vorgänge beim Rauchen	9
2.4	Speichelveränderungen	10
2.5	Plaque und Zahnstein	12
2.6	Karies	13
2.7	Paradontitis, Gingivitis, Stomatitis	14
2.8	Halitosis	15
2.9	Hypogeusie	16
2.10	Aphten	16
2.11	Leukoplakie	17
2.12	Plattenepithelkarzinom der Mundhöhle	21
3.	TEMPERATURMESSMETHODEN AN HAUT UND SCHLEIMHAUT	22
3.1	Überblick über bisherige Temperaturmessungen in der Mundhöhle	25
3.2	Forderungen an die Messung physiologischer u. unphysiologischer Schleimhauttemperaturen	29
4.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	30
4.1	Material und Methode	30
4.1.1	Thermoelemente	30
4.1.2	Trennverstärker	37
4.1.3	4-Kanalschreiber	37
4.1.4	Schaltbild	38
4.1.5	Ungenauigkeitsbestimmung	39
4.1.6	Messung der durch das Rauchen bedingten Temperaturerhöhungen der Mundschleimhaut	40

		Seite
4.1.7	Messung der Temperaturen des Rauches und der Mundstücke	40
4.1.8	Die Temperatur des Porus acusticus externus als Bezugstemperatur	41
4.1.9	Schmelzwasser als Bezugstemperatur	44
4.1.10	Fixierung der Thermoelemente	45
4.1.11	Forderungen an die Konstruktion eines Thermoelementhalters	45
4.1.12	Thermoelementhalter, Typ A	45
4.1.13	Thermoelementhalter, Typ B	47
4.1.14	Thermoelementhalter, Typ C	48
4.1.15	Schleimhautkontakt des Thermoelementes	49
4.1.16	Vermeidung der Wärmeleitung im Mantel des Thermoelementes	51
4.1.17	Ablauf einer typischen Messung	52
4.1.18	Einstellung des Schreibers	55
4.1.19	Benutzte Tabakwaren	56
4.1.20	Rauchmodus	58
4.1.21	Wahl der Meßpunkte	60
4.2	Ergebnisse	62
4.2.1	Die physiologischen Temperaturen des äußeren Gehörgangs, sowie der Schleimhaut des harten und weichen Gaumens, des Zungenrükkens, der Zungenspitze und des Planum buccale	62
4.2.2	Die Rauchtemperaturen bei elf gängigen Praktiken des Rauchens einschließlich Reverse Smoking und Wasserpfeife	63
4.2.3	Die Mundstück- bzw. Filtertemperaturen bei neun gängigen Praktiken des Rauchens	65
4.2.4	Die Schleimhauttemperaturen am harten Gaumen bei elf verschiedenen gängigen Rauchpraktiken, einschließlich Wasserpfeife und Reverse Smoking	66
4.2.5	Die Schleimhauttemperaturen am weichen Gaumen beim Rauchen von Filterzigarette, filterloser Zigarette, Zigarre und Zigarillo	68
4.2.6	Die Schleimhauttemperaturen am Zungenrücken beim Rauchen von Filterzigarette, filterloser Zigarette, Pfeife und Zigarillo	69
4.2.7	Die Schleimhauttemperaturen am Planum buccale und an der Zungenspitze beim Rauchen der leichten Filterzigarette	69

		Seite
5.	DISKUSSION	106
5.1	Die Rauchtemperaturen	106
5.2	Die Mundstück- bzw. Filtertemperaturen	108
5.3	Die Schleimhauttemperaturen	109
6.	ZUSAMMENFASSUNG	111
7.	LITERATURVERZEICHNIS	113
8.	ANHANG	124

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Während für das signifikant gehäufte Auftreten von Lungenkrebs, chronischer Bronchitis, Lungenemphysem, Herzinfarkt und Thrombangitis obliterans bei Rauchern (110)zweifellos die Ursache bei der zum großen Teil toxischen Wirkung der fast 1000 beim Verglimmen von Tabak freiwerdenden Substanzen zu suchen ist (85), muß bei den Karzinomen der Mundhöhle, des Pharynx und des Larynx außer der Toxizität des verbrennenden Tabaks auch die thermische Reizung als auslösendes Moment der Karzinogenese in Betracht gezogen werden (94, 114, 90, 66, 40).

Zwei Phänomene geben dazu besondere Veranlassung:

Zum einen das Phänomen der Seitenlokalisation des Lippenkarzinoms beim Pfeifenraucher, das bereits 1789 von Jacob Holland beschrieben wurde und von Kieferchirurgen und Zahnärzten immer wieder beobachtet wird. Seitenlokalisation bedeutet, daß das Lippenkarzinom des Pfeifenrauchers sich auf der Seite bildet, auf der der Raucher seine Pfeife gewohnheitsmäßig hält. Da die chemischen Schadstoffe in die gesamte Mundhöhle gelangen, spricht die genau umschriebene Entstehungszone des Karzinoms am Mundstück, wo die Temperatur des Rauches am höchsten ist, für den thermischen Reiz als Hauptursache bei der Entstehung des Lippenkarzinoms.

Zum anderen das Phänomen des Reverse Smoking oder internen Rauchens (114, 48, 74, 75, 76, 79, 77, 60), d.h. des Rauchens einer Zigarette mit der Glut in der Mundhöhle, wie es in der Karibik, auf den Philippinen und auch auf Sardinien geübt wird, und die Tatsache, daß es bei solchen Rauchern schon nach wenigen Jahren zur Entstehung eines Gaumen-Karzinoms führt, welches sich meist aus einer vorausgehenden Raucher-Leukokeratose entwickelt (Abb. 1).

Abb. 1 Typische Leukokeratosis nicotinica palati bei 52jährigem starken Raucher.

Die Schleimhaut des Gaumens, die der Hitze der Glut beim Reverse Smoking unmittelbar und extrem ausgesetzt ist, entartet beim Reverse Smoker viel häufiger als die Schleimhaut der Zunge, da die Zunge der Glut ausweichen kann und durch ihre gute Durchblutung die Hitze von der Oberfläche schneller abführen kann als der harte Gaumen. Da die Gaumenschleimhaut des Reverse Smokers chemisch nur unwesentlich mehr belastet wird als die des normalen Rauchers, scheint die thermische Belastung der Gaumenschleimhaut die Hauptursache bei dieser Karzinogenese zu sein.

Die Entwicklung leistungsstarker Miniaturthermoelemente, die z.B. in der Nuklear- und Kraftfahrzeugtechnik von grosser Bedeutung ist, und die Entwicklung hochempfindlicher Trennverstärker in den letzten Jahren, veranlaßte uns, die exakte Messung von Schleimhauttemperaturen und durch das Rauchen bedingte Temperaturerhöhungen an deren Oberfläche vorzunehmen. Die Entdeckung der Gehörgangstempe-

ratur als konstante physiologische Vergleichstemperatur war für diese Untersuchung von großer Wichtigkeit. Folgende Fragen warfen sich auf:

1. Ist eine kontinuierliche Temperaturmessung an der Schleimhaut auch während des Rauchens möglich?
2. Wie hoch sind die Temperaturen des in die Mundhöhle strömenden Rauches verschiedener Tabakwaren unter Berücksichtigung der Glutnähe zum Mundstück bzw. Filter?
3. Wie heiß wird das Mundstück einer Pfeife, Zigarette, Zigarre oder eines Zigarillos?
4. Wie stark ist die Hitzeentwicklung beim Reverse Smoking verglichen mit den entsprechenden Temperaturen beim Rauchen von Zigaretten, Zigarillos, Zigarren, Pfeifen oder Wasserpfeifen?

2. EINFLÜSSE DES RAUCHENS AUF DIE MUNDHÖHLE

Die Wirkungen des Nikotins auf Herz- und Kreislauf, auf Lunge und Atmung, auf endokrine Drüsen, auf Magen und Darm, die Wirkungen des Kohlenmonoxyds auf den Sauerstoffgehalt des Blutes, die Wirkungen der chemischen Tabakkarzinogene und -kokarzinogene, sowie der lokal reizenden Stoffe, wie z.B. Ammoniak, sind in einer Vielzahl von Publikationen beschrieben worden und seit Jahrzehnten bekannt (85, 8, 81, 40, 109, 110).

Im Hinblick auf unsere thermischen Untersuchungen ist es interessant, die bis heute bekannten pathologischen Veränderungen in der Mundhöhle, hervorgerufen durch das Rauchen, kurz zu beschreiben.

2.1 Anatomie der Mundschleimhaut

Die Mundschleimhaut zeigt keinen epidermalen Aufbau wie die Haut, d.h. Stratum corneum, Stratum lucidum, Stratum granulosum und Stratum spinosum fehlen. Die Schleimhaut wird dadurch transparent, d.h. die Blutgefäße der Tela submucosa und Tunica propria verleihen der Schleimhaut ihre rote Farbe. Das Fehlen des epidermalen Aufbaus ist ferner für die weiche Konsistenz und die leichte Verletzbarkeit der Schleimhaut verantwortlich. Befeuchtet wird die Schleimhaut durch den Speichel der drei paarigen großen Speicheldrüsen und der unzähligen kleinen Glandulae propriae. Versiegt der Speichelfluß, aus welchen Gründen auch immer, trocknet die Schleimhaut sofort aus. Eine trockene Schleimhaut wird als noch viel unangenehmer empfunden als eine trockene Haut. Die Infektionsgefahr ist intraoral bei Schleimhauttrockenheit (Xerostomie) besonders groß.

Der Speichel trägt mit bei zum Klima in der Mundhöhle. Er schützt die Schleimhaut chemisch durch seine Pufferkapazität, physikalisch-thermisch durch die Möglichkeit, einen zu heißen Bissen durch überschießenden Speichelfluß abzukühlen, und physikalisch-mechanisch durch seine Gleitstoffe, die eine nahrungsbedingte Abrasion der Schleimhautoberfläche verhindern und durch Lubrifizierung der Speisen das Schlukken ermöglichen.

Unter der Schleimhautoberfläche findet man zwei Gefäßplexus, einen tiefen, grobmaschigen, submukösen, sowie einen oberflächlichen sub- und intrapapillären feinmaschigen Plexus.

Der tiefe Plexus zeichnet sich durch arterio-venöseAnastomosen aus, die schlagartig eine Minderdurchblutung der Tunica propria und des Stratum papillosum verursachen können.

Der obere Plexus teilt sich dichotomisch auf und endet mit Kapillarschlingen in den Papillen.

Für die Schleimhaut der Mundhöhle ist nun charakteristisch, daß ein Teil keine Submukosa besitzt und direkt mit Periost verwachsen ist, was am harten Gaumen und an der Gingiva propria der Fall ist. Da dort der tiefe submuköse Gefäßplexus fehlt, erscheint diese Schleimhaut nicht dunkelrot, sondern rosa. Außerdem ist sie dadurch unverschieblich.

Während die Hautfarbe der Schleimhaut von der in ihr befindlichen Blutmenge abhängt, ist die Hautwärme von der Strömungsmenge, die sie pro Zeiteinheit durchfließt, abhängig.

Während eine reaktive Hyperämie binnen 1-2 Sekunden erfolgen kann, benötigt die reaktive Erwärmung durch Weitstellen der Arteriolen mindestens 30 Sekunden (78, 34). Der Verschluß der Kapillaren erfolgt über Quellung, die Vasokonstriktion der Arteriolen muskulären Typs erfolgt nervös (auch psychisch) über das Vasomotorenzentrum im Zwischenhirn oder lokal durch den chemischen Reiz vasokonstriktiver Substanzen, wozu auch Nikotin zählt.

S h u l e r (98) untersuchte mit einer Photozelle die Wirkung des Rauchens auf die Gefäße der Mundschleimhaut. Er kam zu dem Ergebnis, daß die Arteriolen der Mundschleimhaut des Nichtrauchers eine 50%ige Vasokonstriktion, die Arteriolen des Kettenrauchers keine weitere Vasokonstriktion, da bereits verengt, und die Arteriolen des Kettenrauchers, der 48 Stunden vor dem Experiment nicht rauchen durfte, eine 70%ige Vasokonstriktion erfahren.

Die Wärmeregulation der Schleimhaut - dasselbe gilt für die Haut allgemein - setzt sich aus Wärmezufuhr und Wärmeabgabe zusammen.

96 % der Oberflächenwärme gelangen durch den Blutstrom und durch Leitung aus dem Körperinnern (Körperkern) an die Oberfläche. Nur 4 % der Oberflächenwärme entstehen durch den Eigenstoffwechsel der Haut (42). Die Leitung wird durch Fettgewebe, welches einen guten Isolator darstellt, eingeschränkt. Das ist der Grund, weshalb sich die Haut z.B. über dem Gesäßmuskel regelmäßig kälter anfühlt, als an anderen Körperstellen.

Die Wärmeabgabe der Haut erfolgt durchschnittlich zu 5 % über Leitung, zu 70 % über Abstrahlung, und zu 25 % über Verdunstung. Die Verteilung ist jedoch stark von den Variablen Alter, Kleidung, Luftfeuchtigkeit, Außentemperatur und Luftbewegung abhängig.

Der Körper verliert etwa 90 % der Wärme über die Haut, 8 % über Lunge und Schleimhäute und 2 % über Ausscheidung.

Bei der Wärmeregulation der Schleimhaut findet ein ständiger Ausgleich zwischen Kerntemperatur und Außentemperatur statt. Die Außentemperatur in der Mundhöhle setzt sich aus der Temperatur des Speichels, der ausgeatmeten Luft, der Nahrung und der Getränke zusammen. Beim Mundatmer spielt die Temperatur der eingeatmeten Luft, beim Raucher die Temperatur des Rauches eine wesentliche Rolle.

Der Zusammenhang zwischen Kerntemperatur und durchschnittlicher Mundschleimhauttemperatur wurde hinreichend erforscht (34).

Die Kerntemperatur, die rektal am exaktesten, subaxillär am wenigsten genau gemessen wird, bestimmt z.B. in ihren physiologischen charakteristischen Tagesschwankungen die Sublingualtemperatur, die die Schwankungen 0,25 - 0,4° C niedriger parallel nachvollzieht (91).

Daraus folgt, daß Erhöhungen der Kerntemperatur z.B. durch Fieber, Wärmestau (Hitzschlag), Verdauung oder körperliche Anstrengung eine obligate Erhöhung der durchschnittlichen Mundschleimhauttemperatur verursachen.

Daraus wird aber auch die Sinnlosigkeit deutlich, absolute Schleimhauttemperaturen zu messen und auf zwei Stellen hinter dem Komma genau anzugeben. Aufgrund dieser Schwankungen scheint wissenschaftlich nur das Messen von Temperaturdifferenzen, die durch die Wirkung bestimmter Faktoren ermittelbar zustandekommen - also bei Messung relativer Temperaturen - sinnvoll zu sein.

Das ist auch der Grund, weshalb wir unsere Messungen an nur zwei Probanden durchführten, welche allerdings drei Monate täglich 4 Stunden gemessen wurden. Um die Temperaturveränderung der Schleimhaut durch Rauchen zu messen, hätte auch ein Proband genügt. Wir entschieden uns jedoch für zwei Probanden, um die Schwankungsbreite zwischen zwei gesunden Individuen abschätzen zu können.

2.2 Chemische und pharmakologische Eigenschaften der verschiedenen Tabaksorten

Die Tabake, die für die Herstellung diverser Tabakartikel verwendet werden, zeichnen sich je nach Trocknungsmethode durch verschiedene pH-Werte aus. Allgemein gilt: Ein Tabak, der künstlich und schnell getrocknet wurde, was heute aus ökonomischen Gründen die Regel ist, ist sauer. So hat der künstlich getrocknete Virgin einen pH von 4,5 - 5,5, der sonnengetrocknete Orient einen pH von 5,0 - 6,0, der luftgegetrocknete Maryland einen pH von 5,5 - 6,5. Langsam und natürlich getrocknete Tabakblätter, wie sie z.B. für die Produktion von Zigarren verwendet werden, sind neutral, oft sogar alkalisch. Der kammerfermentierte Burley hat z.B. einen pH zwischen 6,5 und 7,5, der rauchgetrocknete und

stapelfermentierte Virgin einen pH von 7,0 - 8,5 (8).

Falsch ist die Annahme, daß neutraler Tabak am besten vertragen werde. Desto saurer ein Tabak ist, umso niedriger wird der Dampfdruck des Nikotins, d.h. um so mehr Nikotin wird aus der Gasphase in die Partikelphase gedrängt. Als Folge ist die Nikotinresorption durch die Schleimhaut, aber auch in der Lunge, bei saurer Tabakreaktion erschwert.

Die leichten, heute üblichen Zigaretten enthalten fast nur saure Tabake. Der Rauch dieser leichten Zigaretten kann ohne Hustenreiz tief eingeatmet werden. Da für Zigarillos, Pfeifentabak, Zigarren und besonders den aus der Schweiz stammenden Stumpen alkalische Tabake verwendet werden, befindet sich fast das gesamte Nikotin dieser Tabakwaren in der Gasphase, wird bereits durch die Mundschleimhaut enorm absorbiert und Lungenzüge werden durch sofortigen starken Hustenreiz unmöglich.

Wie leicht Nikotin auch von der menschlichen Haut absorbiert wird, beschreiben G e h l b a c h et al. (35), die herausfanden, daß Tabakerntearbeiter allein durch das Anfassen der frischen Blätter in einer halben Stunde so viel Nikotin aufnehmen wie ein Raucher, der in einer halben Stunde den Rauch von drei Zigaretten inhaliert.

Weit verbreitet ist die falsche Ansicht, Zigarren- und Pfeifenrauchen sei weniger gesundheitsschädlich als Zigarettenrauchen, da man keine Lungenzüge mache. Zustande kommt diese falsche Ansicht durch die Tatsache, daß Zigarren- und Pfeifenraucher signifikant weniger an Lungenkrebs erkranken als Zigarettenraucher (40). In Wirklichkeit ist die Nikotinaufnahme durch die Mukosa beim Genuß einer kleinen Zigarre um ein vielfaches höher als beim Genuß der stärksten Zigarette (4, 5, 6, 54). Mundhöhlen- und Kehlkopfkarzinom sind bei Pfeifen- und Zigarrenrauchern deutlich häufiger als bei Zigarettenrauchern (40).

Für unsere Messungen war die lokale Wirkung des Nikotins auf die Schleimhautgefäße insofern von Interesse, da wir mit einer nikotinbedingten Vasokonstriktion und Anämie mit der Folge niedrigerer Temperaturen rechnen mußten (98).

2.3 Physikalische Vorgänge beim Rauchen

Tabakrauch stellt ein Aerosol dar, d.h. kolloidale feste und flüssige Schwebstoffe mit einer Teilchengröße von 0,1 - 1,0 μ.

Die Rauchpartikel entstehen bei der Abkühlung der zuerst entstehenden heißen Gase aus Pyrolyseprodukte und verdampften Tabakinhaltsstoffen hinter der Glut, indem die am wenigsten flüchtigen Verbindungen auf Radikalen oder Kristallkeimen zu kondensieren beginnen. Durch den Zug des Rauchers wirbelt der unfertige Rauch durch den gepreßten Tabak mundwärts und kühlt dabei ab, wodurch die Keime wachsen und neue gebildet werden. Zuletzt kondensieren die leichtflüchtigen Substanzen in den kleinen Rauchpartikeln, die schwerflüchtigen in den größeren Rauchpartikeln (85).

Man unterscheidet im Rauch eine Partikelphase und eine Gasphase. Die Zusammensetzung beider ist bis in alle Einzelheiten bekannt (85).

Unter Anwendung des sog. Coresta Standards (s. 4.1.20) gelangt der Rauch, der beim Verbrennen in der Glutzone entsteht, zu 52 % durch die Züge in die Mundhöhle bzw. in die Lungen und Bronchien, die anderen 48 % verrauchen im sog. Nebenstrom. Haupt- und Nebenstrom unterscheiden sich vom Gehalt her deutlich. So enthält der Nebenstrom z.B. mehr Nikotin, Phenole, Karbonylverbindungen, Benzpyren und Verbrennungswasser als der Hauptstrom (23).

Die Glut hat eine Temperatur von 890 - 960^{o}C (53).

2.4 Speichelveränderungen

Der Zusammenhang zwischen Rauchen und Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Speichels ist noch nicht bis in alle Einzelheiten erforscht.

Gesichert ist die erheblich höhere SCN-Ionen-Konzentration im Speichel des Rauchers, während ionisierbares Jod beim Raucher stark erniedrigt ist. Je stärker der Tabakkonsum ist, desto höher ist die SCN- und desto niedriger die Jod-Konzentration. Beim Nichtraucher schwanken die Werte nur geringfügig (104).

Die Erhöhung der Rhodan-Ionen-Konzentration verleiht dem Raucherspeichel eine höhere antibakterielle Aktivität.

C o u r a n t (24) bewies dies, indem er sterilisierten Raucher- und Nichtraucherspeichel mit den Bakterien L.acidophilus und L.casei impfte. Während L.acidophilus sich im Nichtraucherspeichel vermehrte, fand im Raucherspeichel eine deutliche Wachstumshemmung statt.

C o l m a n et al.(22) bewiesen durch histologische Abstriche von Plaque, Zunge und Gaumen, daß die Bakterien vom Typ Neisseria ebenfalls in der Mundhöhle des Rauchers stark reduziert sind, verglichen mit der Mundhöhle des Nichtrauchers.

Dieser "Vorteil" des Rauchens führte dazu, daß manche Chirurgen in der Mundhöhle Operierten bereits 3 bis 4 Stunden nach dem Eingriff das Rauchen wieder gestatteten (90).

C h r i s t e n (21) und S h u l e r (98) bewiesen allerdings, daß sowohl die chemischen Reizstoffe des verbrennenden Tabaks als auch das gefäßverengende Nikotin Wundheilungsstörungen hervorrufen oder zumindest den normalen Heilungsverlauf verzögern.

D o g o n et al. (27) untersuchten außer SCN- noch Ca-, Mg-, Na-, K- und Cl-Gehalt im Speichel von Rauchern und Nichtrauchern. Sie fanden Kalium und SCN-Ionen beim Raucher stark erhöht, die allerdings während der Nachtruhe abnahmen, aber nicht auf den Nichtraucher-Wert absanken. Kalzium-Ionen sind beim Nichtraucher im Speichel zahlreicher als beim Raucher. Mg-, Cl- und Na-Konzentrationen sind beim Raucher und Nichtraucher identisch.

S c h m i d t H.J. (90) erwähnt die geringere Ptyalinkonzentration im Speichel des Rauchers.

Die Abwehrbereitschaft auf antigene Reize läßt bei Ratten, die maschinell beraucht wurden, substantiell nach (108). Wenn Rauchen wirklich die immunologische Antwortbereitschaft eines Organismus reduziert, kann das als zusätzliche Erklärung für das zunehmende Auftreten maligner Tumoren bei Rauchern gewertet werden.

K e n n e y et al. (45) wiesen nach, daß durch das Rauchen einer einzigen Zigarette der pH steigt und das oxidative Reduktionspotential Eh dramatisch absinkt, was die stark reduzierende Wirkung des Tabakrauches erklärt.

A r m i t a g e et al. (4, 6) hatten ebenfalls schon bewiesen, daß Nikotion von der bukkalen Mukosa um so besser absorbiert wird, je alkalischer der Rauch ist.

Der starke Eh-Abfall beim Raucher könnte der Grund sein für die Depression intraoraler polymorphkerniger Leukozyten des Rauchers (29). Die polymorphkernigen intraoralen Leukozyten nehmen im Speichel des Rauchers weniger Sauerstoff auf und sind weniger beweglich; ihre chemotaktischen und phagozytotischen Fähigkeiten werden durch das Rauchen einer einzigen Zigarette stark beeinträchtigt (46).

S c h e l l e r et al. (84) berichteten über den Abfall

bisher wenig erforschter Immunkörper im Speichel durch die Hitze beim Rauchen und Arbeiten am Hochofen. Es handelt sich dabei um Immunglobuline der Klasse A (Sekret-Ig A). Diese werden aus zwei Immunglobulinmolekülen, die in subepithelialen Plasmazellen gebildet werden, und einem Glykoprotein (secretory piece) aus dem Speichel, das die Immunglobuline vor proteolytischem Abbau schützt, gebildet (111).

2.5 Plaque und Zahnstein

Viele Autoren widmeten sich der Frage, ob Plaque und Zahnstein durch Rauchen hervorgerufen oder verstärkt werden können.

A l e x a n d e r (3) fand bei Untersuchungen an 400 Patienten heraus, daß sub- und supragingivaler Zahnstein bei Rauchern signifikant gehäuft entsteht, während die bakterielle Plaque, welche für die Kariesentstehung verantwortlich ist, keinesfalls gefördert wird. Die Erklärung dafür dürfte wohl in dem antibakteriell wirksameren Speichel des Rauchers liegen.

Statistische Arbeiten und retrospektive Untersuchungen zum Thema Rauchen und Zahnstein, Plaque, Karies und Gingivitis sind generell kritisch zu betrachten, da dieser Formenkreis bei Rauchern und Nichtrauchern sehr stark von der Mundhygiene abhängen dürfte.

A i n a m o (2) wies allerdings die überdurchschnittlich schlechte Mundhygiene des Rauchers mit Hilfe des Plaque-Index und Gingival-Index nach Silness und Löe und des Retentive Calculus Index nach Björby und Löe nach.

P i n d b o r g (70), der 1400 Soldaten untersuchte, bewies ebenfalls den Zusammenhang zwischen Tabakkonsum und dem Vor-

kommen sub- und supragingivaler Konkremente.

F r a n d s e n und P i n d b o r g (31) fanden, daß Pfeifenraucher besonders starken supragingivalen Zahnstein entwickeln.

K a s s e l (44) führt die vielfach beschriebene Zahnsteinbildung des Rauchers nicht auf mangelnde Mundhygiene, sondern auf die bereits beschriebene pH-Verschiebung zurück.

Die Zähne des starken Rauchers überziehen sich mit einem dünnen, nicht kariogenen, braunen Belag, der auf den der Zahnbürste leicht zugänglichen Bukkal-, Labial- und Okklusalflächen eine Vergilbung des Schmelzes, in den für die Zahnbürste schwerer zugänglichen Fissuren, Approximal- und Oralflächen schwarze, Teebelägen ähnliche Beläge hervorruft. Diese Beläge sollen nach S c h m i d t H.J. (90) über Schmelzoberhäutchen, Schmelz und Schmelz-Dentingrenze in die Dentinkanälchen diffundieren und eine irreparable "Verlederung" der Pulpen verursachen können.

L u e z a (59) dagegen behauptet, daß Kondensate keineswegs durch den Schmelz, noch nicht einmal durch freiliegendes Dentin bis zur Pulpa vordringen können.

2.6 Karies

Die Frage, ob zwischen Karies und Rauchen ein möglicher Zusammenhang besteht, ist von S c h m i d t H.J. (90) untersucht worden. Danach nimmt die Kariesanfälligkeit und -häufigkeit mit der Stärke des Rauchens ab. Da der chemisch-parasitäre Prozeß der Karies die Präsenz bestimmter Bakterien z.B. Laktobazillus mutans erfordert, ist eine Kariesreduktion durch eine Schädigung dieser Bakterien durch den Tabakrauch denkbar. Die antibakteriellen Eigenschaften des Tabakrauches wurden bereits 1892 von M i l l e r (64) be-

schrieben. Die Phenole z.B., die beim Verglimmen von Tabakrauch frei werden, zerstören die bakteriellen Zellmembrannen. Frei werdende Zyanide blockieren die oxidative Phosphorylierung, und andere Substanzen wirken auf die Bakterien derart mutagen, daß diese zugrundegehen oder ihre Teilungsfähigkeit verlieren (47, 65).

Colman et al. (22) wiesen nach, daß bei Personen, die täglich mehr als 24 Zigaretten rauchen, Bakterien vom Typ Neisseria deutlich, vom Typ Veillonella und Bacteroides erkennbar reduziert sind. Die genannten Mikroorganismen sind sowohl in der Plaque als auch auf der Mundschleimhaut angesiedelt.

2.7 Parodontitis, Gingivitis, Stomatitis

Bei den meisten 40-50jährigen, starken Rauchern findet man eine kongestive oder ulzeronekrotisierende Gingivitis mit Entblößung der Zahnhälse und hohen Zahnlockerungsraten.

Lueza (59) macht für die Raucherparodontose die sogenannte Bürger'sche Endarteriitis, welche arteriosklerotisch entsteht und in den das Parodontium versorgenden Endarterien lokale Zirkulationsstörungen verursacht, verantwortlich.

Arno et al. (7) halten das starke Rauchen für eine Hauptursache bei der Entstehung der meisten Gingivitiden.

Brantzaeg und Jamison (13), Lilienthal et al. (56), Solomon et al. (102) wiesen alle nach, daß Nichtraucher wesentlich weniger zu parodontalen Erkrankungen neigen als Raucher.

Preber und Kant (73) untersuchten 15jährige schwedische Schulkinder, von denen 25 % bereits über 1 1/2 Jahre pro Tag mehr als 5 Zigaretten geraucht hatten, auf parodon-

tale Schäden. Normalerweise haben Kinder im Alter von 15 Jahren ein einwandfreies Parodontium. Bei den rauchenden Kindern konnten die beiden Autoren bereits Taschen, freiliegende Zahnhälse und Gingivitis marginalis feststellen, während die nichtrauchenden Altersgenossen ohne Befund waren.

S c h m i d t H.J. (90) verweist ebenfalls auf das Rauchen als Ursache für viele parodontale Krankheiten von der Gingivitis simplex über Parodontose bis zum Zahnausfall, macht aber nicht nur die unmittelbare Wirkung der Verbrennungsprodukte auf die Schleimhaut, sondern auch die Nikotinschädigung über den allgemeinen Stoffwechsel, den Wasserentzug, die Hitze, die Gerbwirkung und den negativen Druck beim Ziehen für die verheerende Wirkung des Rauches in der Mundhöhle verantwortlich.

Im Gegensatz zu den bisher genannten Autoren vertritt P i n d b o r g (69) die Ansicht, daß die Gingivitis marginalis superficialis um so weniger gefunden wurde, je stärker geraucht wurde, daß hingegen die akute ulzerierende Gingivitis und Stomatitis in ihrer Häufigkeit und Stärke vom Tabakkonsum abhängt.

2.8 Halitosis

B a s t i a a n et al. (9) vertreten die Ansicht, daß Mundgeruch besonders bei Rauchern zu finden ist und unter diesen besonders bei Pfeifen- und Zigarrenrauchern. Auch T h o m a s (107) gab das Rauchen nach den Parodontopathien als Hauptursache für Mundgeruch an. Dabei bemerkt der Raucher durch die physiologische Geruchsadaptation seinen üblen Mundgeruch oft selbst nicht.

2.9 Hypogeusie

J a c k s o n (43) bewies durch folgendes Experiment, daß starke Raucher Geschmackseinbußen hinnehmen müssen.

Er träufelte stark verdünnte (1/2 normale) Kochsalzlösungen auf die Zunge von Rauchern und Nichtrauchern. 85 % der Nichtraucher konnten in der 1/2 normalen Kochsalzlösung das Salz noch schmecken, während keiner der Raucher dazu in der Lage war. Raucher, die pro Tag 40 bis 60 Zigaretten rauchen, konnten erst in 6-7 normaler NaCl-Lösung, also mit 12-14fachem Kochsalzgehalt, das Salz durch ihre Geschmacksknospen wahrnehmen.

Ohne Kenntnis dieser Tatsache, beschrieben bereits vorher K r u t et al. (52) die besondere Vorliebe starker Raucher für scharf gewürzte Mahlzeiten. Der Grund dafür liegt folglich in der Geschmackseinbuße durch die Schädigung der Geschmacksknospen, welche der Raucher durch verstärktes Würzen seiner Speisen zu kompensieren versucht.

Ob die Beeinträchtigung durch die veränderte Wasserstoff-Ionenkonzentration in der Mundhöhle des Rauchers, durch die Keratinisierung des Knospenepithels oder durch direkte Rauchschädigung der Sinneshärchen hervorgerufen wird, ist unklar.

Da der starke Raucher sein Essen entsprechend stärker salzt, setzt er sich neben dem Rauchen zusätzlich der Gefahr des Bluthochdrucks und anderer durch erhöhten Kochsalzkonsum provozierbarer Krankheiten aus.

2.10 Aphten

Rezidivierende Aphten kommen zwar sowohl bei Rauchern als auch bei Nichtrauchern mit Vorliebe an Orten geringster Mukosadicke, d.h. am Planum buccale und in den Umschlagfal-

ten vor, jedoch leiden Raucher wesentlich seltener unter Aphten als Nichtraucher (97, 20).

S a l l a y und B a n o c z y (83) fanden in einer zweijährigen Studie heraus, daß 94,5 % der Patienten mit rezidivierenden Aphten Nichtraucher sind, 74 % sogar noch nie zuvor geraucht hatten und, daß Patienten, die unter rezidivierenden Aphten leiden, signifikant häufig unter Halsweh, Herpes labialis und Hypotonie leiden und regelmäßig verschiedene Medikamente gleichzeitig einnehmen.

D o r s e y (28) beschreibt drei merkwürdige, identische Krankengeschichten, welche vermuten lassen, daß Raucher, die das Rauchen aufgeben, besonders anfällig für Aphten und Herpes labialis sind.

So bekam ein 27jähriger Patient, starker Raucher, zwei Tage nach dem völligen Einstellen des Rauchens sieben große, tiefe und äußerst schmerzhafte Aphten, verbunden mit Fieber und geschwollenen Halslymphknoten. Außerdem entwickelte der Patient einen schweren Herpes labialis. Jede Art von Medikation blieb erfolglos. Schließlich begann der Patient auf Raten des Arztes wieder zu rauchen, worauf sämtliche Aphten und der Herpes binnen weniger Tage verschwanden, nach erneutem Einstellen des Rauchens jedoch wieder erschienen.

2.11 Leukoplakie

Alle Vorstadien, die einem Karzinom vorausgehen, faßt man als Präkanzerosen zusammen. Es gibt obligate Präkanzerosen, die mit Sicherheit zum Karzinom entarten, und fakultative Präkanzerosen, die rechtzeitig erkannt und behandelt, sich wieder zurückbilden können. Falsch ist jedoch die Annahme, daß jedem Karzinom eine Präkanzerose vorausgehen muß.

S c h w e n z e r (94) unterscheidet bindegewebige und epi-

theliale Hyperplasien, die durch chronische, mechanische, thermische oder chemische Reize entstehen. Die bindegewebigen Hyperplasien treten in Form von Reiz- oder Narbenfibromen z.B. aufgrund mechanischer Reizung durch schlechtsitzende Prothesen oder scharfe Zahnkanten auf. Die epithelialen Hyperplasien, die auch als Reifungsstörungshyperplasien bezeichnet werden, welche für unsere Thematik ausschließlich von Interesse sind, da die Hitze des Tabakrauches, besonders beim internen Rauchen, zunächst das Epithel belastet, treten in Form der Leukoplakien auf. Diese von der einfachen Verhornungsanomalie bis zum Carcinoma in situ reichende Präkanzeroseform ist beim starken Raucher fast immer als Vorbote eines Plattenepithelkarzinoms anzusehen.

Bei der Leukoplakie handelt es sich in der Regel um hyper-, parakeratotische und akanthotische Epidermisveränderungen, die dem erkrankten Schleimhautbezirk durch das verdickte oder verhornte Epithel eine weißliche bis gelbliche Farbe verleihen. Meist ist sie scharf umgrenzt, von einem roten Saum umgeben, und zeigt keine typischen entzündlichen Reaktionssymptome. Besonders der Dolor fehlt.

Die Leukoplakie sui generis, welche als traumatisch-irritative Reaktion entsteht, kann akut oder chronisch ablaufen. Man unterscheidet morphologisch zwischen keratotischer, verruköser und ulzerierender Form. Dabei gilt die plane, einfarbige Leukoplakie als eher gutartig, die verruköse, proliferative, unterschiedlich gefärbte, zu Oberflächenrelief und Ulkusbildung neigende Form als nicht rückbildungsfähig und präneoplastisch.

Gegen die Leukoplakie sui generis muß differentialdiagnostisch die symptomatische oder falsche Leukoplakie abgegrenzt werden, die durch Behandlung der Primärerkrankung von alleine wieder abklingt. z.B.: Lues, Lichen ruber planus, Lupus erythematodes, Xeroderma pigmentosum, Morbus Bowen und Morbus Darier.

Die Ätiologie und Pathogenese der echten Leukoplakie ist noch unklar. M e l c z e r (63) macht alle Einflüsse für ihre Entstehung verantwortlich, die in den Geweben Histanin frei setzen und Gefäßpermeabilitätsveränderungen zur Folge haben. Beide, Histaminfreigabe und Gefäßpermeabilitätsveränderung sprechen für unsere Theorie, daß die thermische Reizung bei der Entstehung des Mundhöhlenkarzinoms eine größere Rolle spielt, als bisher angenommen wurde. Denn bei thermischer Irritation der Mundschleimhaut werden sowohl Histamine freigesetzt, als auch die Permeabilität der Gefäße erhöht (54).

L i s a i (58), R a m u l u et al. (77), W y k (114), Q u i g h l e y et al. (74, 75, 76)haben gezeigt, daß beim internen Rauchen nach kurzer Zeit leukoplakische Veränderungen, besonders des Gaumens, des Planum buccale und der Lippen auftreten. Da beim Reverse Smoking nur unwesentlich mehr chemische Schadstoffe in die Mundhöhle gelangen, als im Hauptstrom der normal gerauchten Zigarette und da beim internen Rauchen die Leukoplakien an den Stellen entstehen, die der Glut am nächsten sind, wird die Hypothese von der Entstehung des Mundhöhlenkarzinoms durch thermische Reize weiter untermauert.

Dasselbe gilt für die meist im hohen Alter auch in unseren Breiten auftretende Leukokeratosis nicotinica palati, die ausführlich von R i e t h e (80), P o r t (72) und S c h w a r t z (93) beschrieben wurde.

Auch scharfe Gewürze und kontentrierte Alkohole (Schnäpse) werden als ätiologischer Faktor der Leukoplakie in der Literatur aufgezählt (30). Im entsprechenden Krankengut der Zahn-, Mund- und Kieferklinik Tübingen läßt sich sehr oft die Kombination von Tabak- und Alkoholabusus nachweisen. S e v e r i n (96) veröffentlichte den Fall eines 33jährigen Mannes mit Leukokeratosis palati, der zwar niemals rauchte, aber eine besondere Vorliebe für scharf gewürzte Speisen hegte und am Tag 15 Tassen Kaffee brühend heiß trank.

Er gab selbst an, daß er den Kaffee immer dann kühler trank, wenn der Gaumen sich rauh anzufühlen begann. Severin hält aufgrund dieses und ähnlicher Fälle ebenfalls den thermischen Reiz für einen entscheidenden Faktor bei der Entstehung von Leukoplakie.

In Kasachstan ist es eine Eigentümlichkeit der dort lebenden Bevölkerung, sehr heißen Tee in großen Mengen, mehrmals am Tag zu trinken. Nirgends auf der Welt ist Oesophaguskrebs so signifikant gehäuft zu finden wie dort (17).

In diesem Zusammenhang ist eine Veröffentlichung von B h a n g o o (11) interessant, der herausfand, daß sich die Lokalisation des Oesophaguskarzinoms nach der Verweildauer des heißen Bolus im Oesophagus richtet, d.h. je länger der Bolus im Oesophagus an einer Stelle verweilt, umso sicherer ist die Prädilektionsstelle. 50 % der Oesophaguskarzinome entstehen im mittleren Drittel, wo der Bolus am langsamsten passiert, 33 % im unteren und 17 % im oberen Drittel, wo die Speise am schnellsten passiert.

Da heute im allgemeinen schneller und heißer gegessen wird als je zuvor, ist diese Erkenntnis für die Zunahme der Karzinome im Bereich des Kopfdarmes von großer Bedeutung.

Von Interesse werden auch die Ergebnisse von Hegelmaier sein, der momentan die Temperaturen ermittelt, die unter extremen Bedingungen an der Mundschleimhaut entstehen können, wenn Getränke zu heiß bzw. zu kalt in Form von Eis verzehrt werden, und der die Zeiten untersucht, die die Schleimhaut benötigt, um sich von einem Kälte- oder Hitzeschock durch flüssige Medien zu erholen.

Eine besondere Hyperkeratosis stellt die Haarzunge dar, die besonders häufig bei starken Rauchern gefunden wird (21) und durch die verlängerten, verfärbten und verdickten Papillae filiformes auffällt. Die Lokalisation dieser Erkrankung liegt

meistens im medianen Anteil des mittleren Drittels des Zungenrückens (51).

2.12 Das Plattenepithelkarzinom der Mundhöhle

Wird eine Leukoplakie nicht bemerkt oder ignoriert und bleibt bei Fortbestehen des auslösenden Reizes unbehandelt, resultiert in den meisten Fällen eine maligne Entartung zum Plattenepithelkarzinom der Mundhöhle (94, 9, 21). Prinzipiell kann beim starken Raucher überall in der Mundhöhle eine Leukoplakie und daraus ein Karzinom entstehen, zumal multilokuläre Leukoplakien nicht selten beobachtet werden.

Aber meistens sitzen die Prädilektionsstellen dort, wo die sogenannte Rauchstraße des Hauptstroms verläuft, oder wo der Tabaksud steht, d.h. Zungen-, Wangen- und Gaumenschleimhaut sind besonders häufig betroffen. Dasselbe gilt für das untere Vestibulum und den Mundboden. An der Zunge z.B. ist der Zungenrand und der Zungengrund wiederum häufiger befallen als der Zungenrücken. Das Zungengrundkarzinom wurde häufig bei Rauchern starker Zigarren beobachtet und in den USA daher als rich man's cancer bezeichnet (85).

Das Lippenkarzinom tritt wie schon in 1.1. erwähnt, besonders dann auf, wenn die Lippen chemisch und thermisch gereizt werden, also weniger durch Genuß von Filterzigaretten, häufig dagegen durch den Genuß von Pfeife, Stumpen und filterlosen Zigaretten.

Der harte Gaumen ist, wie ebenfalls in 1.1. schon erwähnt, die Prädilektionsstelle beim internen Raucher (114, 48, 76, 60, 79, 77).

Daß das Mundhöhlenkarzinom durch Tabakabusus verursacht werden kann, ist unbestritten. B l o o d g o o d (12) berichtet, daß sich unter 200 an Zungenkarzinom Erkrankten nur zwei Nichtraucher befanden.

Silverman und Griffith (99) untersuchten die Rezidivhäufigkeit bei Rauchern und Nichtrauchern nach der Erstoperation eines Mundhöhlenkarzinoms. Nach der ersten Operation stellten 39 % der Patienten das Rauchen ganz ein. 7 % von ihnen erlitten innerhalb eines Jahres ein Rezidiv. Von denjenigen Patienten, die nach der Erstoperation das Rauchen reduzierten, erfuhren 18 %, und von denjenigen, die unvermindert weiterrauchten, 36 % ein Rezidiv.

Während Moore (66) dieselbe Erfahrung machte, bestreitet Castigliano (19) anhand eigener Untersuchungen deren Ergebnisse und behauptet, daß die Rezidivgefahr nicht geringer werde, wenn der Operierte das Rauchen einstelle.

Da viele der durch Rauchen entstandenen Karzinome postkanin, teilweise sogar postmolar liegen und oft viel zu spät zur Therapie gelangen, sind die Heilungschancen trotz Radikalresektion und totaler Lymphknotenausräumung unsicher.

Daraus wird einmal mehr deutlich, welchen gesundheitlichen Risiken sich der Raucher aussetzt.

3. TEMPERATURMESSMETHODEN AN HAUT UND SCHLEIMHAUT

Die einfachste Methode, Temperaturen zu messen, ist die Benutzung von Quecksilber- oder Alkoholthermometern. Diese sind jedoch für unsere Messungen zu träge und zu unempfindlich. Punktförmige Messungen mit konstantem Auflagedruck sind ebenfalls ausgeschlossen.

Thermomagnetische Temperaturmesser verfügen über ein temperaturabhängiges Ferromagnetikum, welches mit der Temperatur seinen magnetischen Zustand ändert. Die Übertragung seines magnetischen Zustandes erfolgt auf ein Anzeigegerät

mit einer Einstellzeit von etwa 2 Sekunden. Da auch bei dieser Meßmethode die Auflagefläche zu groß ist, kommt sie für unsere Untersuchung nicht in Betracht.

Widerstandselektrische Meßgeräte beruhen auf dem Prinzip, daß der elektrische Widerstand eines stromdurchflossenen Drahtes von der Temperatur abhängt. Da es möglich sein sollte, den Meßdraht zu einer Schlinge mit sehr kleinem Durchmesser zu formen, käme ein solches Gerät mit entsprechender Verstärkung durchaus für exakte nahezu punktförmige Messungen in Frage.

Thermographie ist eine Methode, die Temperaturstrahlung der Haut, die mit einem Fehler von weniger als 2 % einen schwarzen Körper darstellt, mit Infrarotlicht darzustellen (88, 38). Sie beruht auf dem physikalischen Prinzip, daß jeder Körper über dem absoluten Nullpunkt von -273,2°C elektromagnetische Wellen aussendet und die Wellenlänge λ der emittierten Strahlung von der Temperatur abhängig ist. Bei 30°C z.B. beträgt die Wellenlänge der Hautstrahlung λ max. = 10 μ. Durch eine Infrarotkamera wird die Wärmestrahlung der Haut sichtbar gemacht. Die technische Ausrüstung ist jedoch sehr teuer. Außerdem ist die Methode nur für große Oberflächenmessungen der äußeren Haut geeignet. Punktförmige Messungen in der geschlossenen Mundhöhle, wie von uns gefordert, sind unmöglich.

Thermoelektrische Meßgeräte funktionieren über Thermoelemente. Zwischen zwei zu einem Kreis verlöteten verschiedenen Metallen besteht eine Potentialdifferenz, die von der Art der Metalle abhängt und sich der Temperaturdifferenz der beiden Lötstellen proportional verhält.

Vor dieser Entdeckung fand 1821 Seebeck, daß ein geschlossener Drahtring aus zwei verschiedenen Metallen immer dann eine magnetische Wirkung zeigte, wenn ein Schweißpunkt heiß, der andere kalt war.

1824 schickte Peltier durch die Schweißstelle zweier verschiedener Metalle einen Strom und erreichte eine Temperaturänderung an dieser Schweißstelle.

1854 gibt Thompson an, daß die Thermospannung zwischen zwei Metallen von der thermischen Bewegung der Elektronen abhängt. Die Thermospannung ist nicht von Absolutwerten der Temperaturen, sondern von Temperaturdifferenzen abhängig.

Die Spannung bei 1^{o} C wird als die Thermokraft a eines Thermoelementes bezeichnet. Sie hängt von der Natur der beiden Metalle ab. Gelingt es, eine Lötstelle auf konstanter Temperatur zu halten, so ist die Spannung eine Funktion der an der zweiten Lötstelle herrschenden Temperatur. Die zweite Lötstelle stellt also den Meßfühler bzw. das Thermometer dar. Die resultierenden Thermospannungen müssen verstärkt werden.

Die meisten Temperaturmessungen in der Mundhöhle wurden bisher mit dieser Methode durchgeführt, obwohl der Versuchsaufbau durch die notwendige konstante Vergleichstemperatur ziemlich aufwendig wird.

Wir entschieden uns für die thermoelektrische Meßmethode, da uns die Größe der verwendeten Miniaturthermoelemente für unsere Messungen am geeignetsten erschien.

Unterzieht man alle bisher gemachten Messungen einer kritischen Betrachtung, so stellt man fest, daß ein Großteil der Autoren (34, 18, 91, 32, 33, 67, 37)die Messungen bei geöffnetem Mund vollzog. Da der gesunde Mensch als Nasenatmer in Ruhe den Mund geschlossen hält, kann man physiologische Temperaturen jedoch nur bei geschlossenem Mund messen. Die Messungen bei geöffnetem Mund müssen besonders dann, wenn viele Messungen hintereinander durchgeführt wurden, oder wenn das Meßgerät durch seine Trägheit längere Zeit zur Ein-

stellung der Meßtemperatur benötigte, als zu niedrig angesehen werden.

Zum überwiegenden Teil (32, 33, 34, 18) verwendeten die Autoren Meßfühler, die mit der Hand gehalten werden mußten. Bei dieser Art des Messens, besonders bei geschlossenem Mund, ist sowohl die Position als auch der Auflagedruck des Thermofühlers nicht definiert und somit nicht reproduzierbar.

Außerdem machten viele Autoren (32, 33, 34, 18, 25, 26) Einzelmessungen, die von einer Anzeigeskala abgelesen wurden, sobald der Anzeiger die höchste Temperatur erreichte. Da durch unterschiedlichen Auflagedruck des Thermofühlers je nach Gewebe reaktiv hyperämisch zu hohe oder anämisch zu tiefe Temperaturen entstehen, ist diese Meßmethode als veraltet anzusehen.

Ebenfalls als veraltet muß die Meßmethode mit dem Spiegelgalvanometer gelten, da dieses als Stromstärkemesser Strom verbraucht, wodurch die Messung von vornherein ungenau wird. Exakte Messungen sind mit Spannungsmessern durchzuführen, da diese parallel geschaltet, keinen Strom verbrauchen und sehr exakt messen (s. 4.1.2 und 4.1.3).

3.1 Überblick über bisherige Temperaturmessungen in der Mundhöhle

S c h m i d t und K a i r i e s (91) maßen bei der Erforschung von Erkältungskatarrhen die Temperaturen der Mund- und Rachenschleimhaut bei geöffnetem Mund. Sublingual ermittelten sie am gesunden Patienten Werte um 37,1° C, am Gaumen Werte um 36,4° C. Sie beschrieben auch die charakteristischen Temperaturschwankungen am selben Meßpunkt zu verschiedenen Tageszeiten.

F r e r i c h (34) zeigte durch zweistündliche Messungen der Kern- und Mundtemperatur den parallelen Verlauf beider Temperaturkurven, wobei die Mundtemperatur nach seinen Messungen durchschnittlich 0,5° C unter der Kerntemperatur (rektal) lag.

F r a n k e (32, 33) beschrieb die absoluten Oberflächentemperaturen der Gingivalpapille zwischen 21 und 22 an drei definierten Meßpunkten. Er ermittelte beim Gesunden 33,65°C an der Papillenspitze, 33,75° C für die Papillenmitte und 34,13° c für die Grenze zwischen Gingiva propria und Gingiva mucosa. Die Werte wurden bei geöffnetem Mund ermittelt und sind daher zu niedrig. Bei der chronisch entzündeten Papille stellte er für die Papillenspitze höhere, für die Papillenmitte und den Übergangsbereich zur beweglichen Gingiva dagegen niedrigere Werte fest.

H e r r m a n n , N e n n i n g e r und H a r d t (41, 37, 67) ermittelten Wangenschleimhauttemperaturen zwischen 35 und 37° C und Zungentemperaturen zwischen 36,4 und 36,8° C. Akute Entzündungen ließen deutliche Temperatursteigerungen an der Schleimhaut, Tumoren und chronische Entzündungen dagegen keine Temperatursteigerungen erkennen.

B a u m a n n und H e r r m a n n (10, 41) befaßten sich mit Zahntemperaturen. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die Zahntemperaturen zwischen 31° und 34° C bei geöffnetem Mund nicht von der Pulpa, sondern von den umgebenden Weichgeweben stammen.

S c h n e i d e r, D ö r s c h u g H. und W. (92, 25, 26) beschäftigten sich mit der Wiedererwärmungszeit der Gingiva nach Zahnfleischmassage und Mundspülungen z.B. mit der v. Weissenfluh'schen Munddusche.

G ö t z e und M a i e r (36) wiesen nach, daß durch intensives Zähnebürsten, besonders bei Benutzung einer elek-

trischen Zahnbürste, sich die Gingiva bis um 3,7°C abkühlt, statt, wie erwartet, sich hyperämisch zu erwärmen.

K n o r r und G r ä f (49) ließen Patienten Eis essen und ermittelten anschließend die Schleimhauttemperaturen der Mundhöhle. Nach Verzehr des Eises lagen die Abkühlungswerte bei 25° C, d.h. die Schleimhaut kühlte sich um mehr als 10° C ab.

B r o w n e (16) untersuchte die Temperaturen des Zahnfleischrandes an Kronen mit traumatischer Okklusion. Durch Einsetzen zu hoher Kronen ermittelte er an Kaninchen eine Temperaturerniedrigung von 0,89°C, welche vermutlich durch den Gefäßverschluß der periodontalen Gefäße zustande kommt.

P i s a r e v et al. (71) untersuchten die Temperaturänderungen in der Mundhöhle bei Kurzwellentherapie.

H e i t m a n n et al. (39) maßen bei Schäferhunden intrapulpär die thermische Belastung der Pulpen beim Einsatz der Kryochirurgie, bei der Temperaturen bis -160° C heute möglich sind. Sie führten bei den Tieren Papillektomien mit -65° C aus und registrierten dabei maximale Temperaturstürze in der Pulpa bis auf ca. 14° C.

S e t z , V i r t a n e n et al., V a n T h i e l und K l ö t z e r (95, 112, 105) maßen die Schleimhauttemperaturen unter Totalprothesen und stellten signifikante Temperatursteigerungen (Hitzestau) fest.

A b a k u m o v a und S e m e n o v (1) untersuchten die Oberflächentemperaturen gesunder und pulpitischer Zähne, konnten jedoch keine deutlichen Temperaturunterschiede nachweisen.

S t o o p s et al. (103) versuchten anhand der Zahntempera-

tur eine Aussage über den Vitalitätsgrad einer Pulpa zu machen.

Lindorf et al. (57) verglichen die Schleimhauttemperaturen nach Injektion von Lokalanästhetika mit und ohne vasokonstriktiven Zusätzen.

Lazare, Franke und Schmidt (55, 32, 89) maßen die Temperaturen der Mundschleimhaut bei Patienten mit entzündlichen Paradontopathien und peripheren Durchblutungsstörungen.

Brill et al. (14) untersuchten kürzlich den Temperaturunterschied zwischen Gingiva propria und Mucosa vestibuli.

Die Zahl der Arbeiten über die Temperaturen, welche beim Beschleifen von Zähnen entstehen, ist sehr groß. Stellvertretend sei die Arbeit von Schmalz und Rotgans (87) genannt, welche ein Thermoelement durch den Wurzelkanal eines extrahierten Zahnes in die Pulpa schoben, den Zahn mit verschiedenen Schleifkörpern beschliffen und die dabei in der Pulpa entstehenden Temperaturen maßen. Da diese Methode die Selbstkontrolle atraumatischen Präparierens gewährleistet, soll der sog. Prep.-Trainer ® in Zukunft in der Studentenausbildung eingesetzt werden.

Die umfangreichsten Temperaturmessungen in der Mundhöhle des Gesunden dürften Budylina et al. (18) durchgeführt haben. Sie teilten die Mundhöhle in 362 Schleimhaut- und Zahnareale auf und stellten bei geöffnetem Mund für jedes Areal die Oberflächentemperatur fest. Ihre Messungen sind durch die Mundöffnung unphysiologisch niedrig, da die Außenluft eine Oberflächenabkühlung verursacht, auch wenn der Proband nur durch die Nase atmen darf. So ist es auch kein Wunder, daß Budylina et al. im vorderen Bereich der Mundhöhle bei geöffnetem Mund niedrigere Temperaturen

als im hinteren Bereich gemessen haben. Sie ermittelten für die Papilla incisiva 32,1°C, das Foramen palatinum maius 34,5°C, die Uvula 34,2°C, für die Zähne 41 und 31 30°C, für die Zähne 11 und 21 28°C, den Zungenrand 34,8°C, die Zungenspitze 33,5°C, die Lippenaußenseite 32,2 bis 33,4°C, für die Lippeninnenseite 33,3 bis 35,5°C, für die Umschlagfalte oben vorn 32,8°C und hinten 35,6°C, die Umschlagfalte unten vorn 33,7°C und hinten 35,5°C.

3.2 Forderungen an die Messung physiologischer und unphysiologischer Schleimhauttemperaturen

Für das korrekte Messen physiologischer und unphysiologischer, experimenteller Mundschleimhauttemperaturen sind, wie in 1.7. deutlich wurde, folgende Forderungen aufzustellen (68):

a. Das Meßgerät muß eine definierte Temperatur ohne Verzögerung und mit hoher Genauigkeit anzeigen.

b. Die gemessenen Temperaturen müssen von einem Schreiber kontinuierlich registriert werden. Erst dadurch wird eine objektive Interpretation der gemessenen Temperaturen anhand des Temperaturverlaufs möglich.

c. Der Temperaturmeßfühler muß so gestaltet sein, daß er dem zu messenden Gewebe weder Wärme entzieht, noch das zu messende Gewebe abkühlt. Dennoch ist vor jeder Messung eine Adaptionszeit erforderlich.

d. Der Meßfühler muß hinter der Meßspitze isoliert sein, um Wärmeleitung im Mantel des Meßfühlers durch dahinter anliegende Weichteile wie z.B. Lippe, Zunge oder Wange zu vermeiden.

e. Der Meßfühler muß exakt und mit gleichem Druck lokalisiert werden können. Da dies mit der Hand unmöglich ist, müssen spezielle Haltevorrichtungen konstruiert werden.

f. Die Haltevorrichtungen müssen derart sein, daß sie das Klima in der Mundhöhle nicht verändern.

g. Die Meßbedingungen müssen exakt standardisiert werden (Meßzeitpunkt, Meßdauer, Zimmertemperatur, Luftfeuchtigkeit).

4. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

4.1 Material und Methode

Unser Ziel war, die Erhöhung der Schleimhauttemperatur an verschiedenen Stellen der Mundhöhle durch Tabakrauch zu registrieren. Zu diesem Zweck maßen wir die Temperaturdifferenzen zwischen Mundschleimhaut und äußerem Gehörgang, sowie die Temperaturdifferenzen zwischen äußerem Gehörgang und Schmelzwasser, und zwischen Rauchtemperatur und Schmelzwasser.

4.1.1 Thermoelemente

Wir verwendeten Miniatur-Mantel-Thermoelemente vom Typ "Thermocoax" Chromel/Alumel 2 ABAc 05 der Firma Philips. Diese Hochleistungsthermoelemente eignen sich besonders gut für medizinische Messungen, weil sie einen sehr kleinen Durchmesser haben, in hohem Maße bruch-, reiß- und quetschfest, hitzebeständig und korrosionssicher sind. Das Chromel/Alumel Thermoelement wurde ursprünglich von der amerikanischen Firma Hoskins Mfg. Co. Detroit, Mich. Anfang dieses Jahrhunderts entwickelt, und verdrängt seither die Kupfer/Konstantan und Eisen/Konstantan Thermoelemente mehr und mehr. Die beiden verschiedenen Schenkel (Chromel und Alumel) werden durch Magnesiumoxid sowohl gegeneinander als auch gegen den Austenit-Stahlmantel isoliert. Der Außendurchmesser beträgt 0,5 mm (Abb.2), der Schenkeldurchmesser 0,09 mm. Der maximale Biegeradius entspricht ungefähr dem doppelten Außendurchmesser, also 1 mm. Temperaturen von $-200^{\circ}C$ bis $+1250^{\circ}C$ und Drücke bis 500 bar werden toleriert. Heißluft- und Dampfsterilisation sind also ohne weiteres möglich und erlauben dadurch das operative Einbringen der

Abb. 2 Thermoelement.

Thermoelemente in lebende menschliche Gewebe. Die durchschnittliche Thermospannung beträgt 41 μ V/^{o}C. Die Temperatur-Spannungs-Charakteristik verläuft praktisch linear und erlaubt das direkte Weiterverarbeiten von den bei Messungen erhaltenen Spannungen. Der Widerstandswert des Thermopaares beträgt 150 Ω/m bei 20^{o}C (106 Ω/m Chromel, 44 Ω/m Alumel). Die Zunahme des Widerstandes bei Temperaturanstieg ist in unserem Meßbereich völlig vernachlässigbar. Die Ansprechzeit, die von der Wärmekapazität, der transversalen Wärmeleitfähigkeit des Thermoelements und vom Verhältnis der Oberfläche zum Volumen des Thermoelements abhängt, ist extrem kurz. Der Hersteller gibt die Fehlergrenzen der Thermoelemente mit weniger als ±0,75 % an. Nach den ISA-Normen betragen die zulässigen Abweichungen ±0,75 %.

Weitere physikalische Eigenschaften:

	Chromel	Alumel
Schmelztemperatur (^{o}C)	1430	1400
Ausdehnungskoeffizient (cm/cm ^{o}C)	$1{,}3 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$
Spezif. Wärme (cal/g ^{o}C) bei 20^{o}C	0,107	0,125
Wärmeleitfähigkeit (W/cm ^{o}C) bei 100 ^{o}C	0,192	0,297
Spezif. Gewicht (kp/dm^3)	8,73	8,60
Elastizitätsmodul bei 20 ^{o}C (kp/mm^2)	66,5	59,5
Elastizitätsmodul bei 1100 ^{o}C (kp/mm^2)	7,38	6,3

Die Eichkurve ermittelten wir mit Hilfe eines Thermostaten der Firma Haake, der über eine Kühl- und Heizvorrichtung verfügt, die gleichzeitig mit unterschiedlicher Intensität heizen und kühlen und damit das Gerät optimal steuerbar machen. Besonders wichtig ist die Verwirbelungsvorrichtung im Wasserbehälter des Thermostaten, die eine Temperaturschichtung verhindert. Die Steigung der Eichkurve ließen wir von einem Computer errechnen. Abb. 3 zeigt die vom Computer bereits sortierten Zahlenpaare (^{o}C/Einheit). Dabei ist zu beachten, daß wir bei der Eichung des Thermostaten das Wasser so langsam wie möglich von 10,8 ^{o}C auf 0,1 ^{o}C abkühlen ließen. In einer 2. Eichung ließen wir den Thermostaten das Wasser von -0,3 ^{o}C auf +4,7^{o}C aufheizen. Der Computer sortierte die Zahlenpaare jedoch so, daß er mit den hohen Werten beginnt. Da die erste Eichkurve fast doppelt so viele Werte wie die zweite enthält, teilte der Computer die Zahlen in drei Blocks ein: 1. und 2. Block = 1. Eichkurve, 3. Block = 2. Eichkurve. Das Bestimmtheitsmaß beider Eichkurven beträgt 100 %. Umfang N gibt die Zahl der Wertepaare einer Kurve an. Der Korrelationskoeffizient der ersten Kurve ist 0,9992 und der zweiten Kurve ist 0,9996. Die Steigung der beiden Kurven gibt der Regressionskoeffizient B an. Danach hat die erste Eichkurve eine Steigung von 7,908, die zweite eine Steigung von 7,733. Da ein Teilstrich 5μV entspricht, erhält man aus der ersten Eichkurve eine Thermospannung von 39,54μ V/^{o}C und aus der zweiten Eichkurve eine Thermospannung von 38,66 μV/^{o}C anstatt der vom Hersteller angegebenen 41 μV/^{o}C. Da die zweite Eichkurve (Zahlenblock 3) kürzer ist als die erste und Minuswerte beinhaltet, verwendeten wir zur Umrechnung den Thermospannungswert der ersten Eichkurve: 39,54 μV/^{o}C. Am Ende des Computerausdrucks (Abb. 3) findet man die Regressionsgrade mit Vertrauensgrenzen, d.h. der Computer gibt für den höchsten und tiefsten Wert der beiden Kurven, sowie für 5 Werte im Verlauf der Kurven die Vertrauensgrenzen nach oben und nach unten an, die auch zeichnerisch durch senkrechte Markierungen berücksichtigt sind (Abb. 4).

```
Block 1:
      39
  10.800
    .350
  10.700
    .400
  10.600
    .500
  10.500
    .550
  10.400
    .650
  10.300
    .700
  10.200
    .800
  10.100
    .900
  10.000
   1.000
   9.900
   1.050
   9.800
   1.150
   9.700
   1.250
   9.600
   1.350
   9.500
   1.400
   9.400
   1.500
   9.300
   1.550
   9.200
   1.600
   9.100
   1.700
   9.000
   1.800
   8.900
   1.850
   8.800
   1.900
   8.700
   2.000
   8.600
   2.050
   8.500
   2.150
   8.400
   2.250
   8.300
   2.350
   8.200
   2.400
   8.100
   2.500
   8.000
   2.600
   7.900
   2.750
   7.800
   2.850
   7.700
   2.900
   7.600
   3.000
   7.500
   3.100
   7.400
   3.150
   7.300
   3.200
   7.200
   3.200
   7.100
   3.250
   7.000
   3.300
   6.900
   3.400

Block 2:
  38.038
   6.8000
   3.5000
   6.7000
   3.5500
   6.6000
   3.6500
   6.5000
   3.7000
   6.4000
   3.8000
   6.3000
   3.9000
   6.2000
   4.0000
   6.1000
   4.0500
   6.0000
   4.1000
   5.9000
   4.2000
   5.8000
   4.3000
   5.7000
   4.3500
   5.6000
   4.4000
   5.5000
   4.5000
   5.4000
   4.6000
   5.3000
   4.6500
   5.2000
   4.7500
   5.1000
   4.8000
   5.0000
   4.9000
   4.9000
   5.0000
   4.8000
   5.0500
   4.7000
   5.1500
   4.6000
   5.2000
   4.5000
   5.2500
   4.4000
   5.3500
   4.3000
   5.4000
   4.2000
   5.5000
   4.1000
   5.6000
   4.0000
   5.6500
   3.9000
   5.7500
   3.8000
   5.8000
   3.7000
   5.9000
   3.6000
   6.0000
   3.5000
   6.0500
   3.4000
   6.1000
   3.3000
```

Abb. 3 Computerausdruck.

```
6.2000                  8.3000      Y      5.668615
3.2000                    .5000             5.640936
6.3000                  8.3500      X      2.000000
3.1000                    .4000      Y      7.220058
6.3500                  8.4000             7.182500
3.0000                    .3000      X       .100000
6.4000                  8.4500      Y      8.695467
2.9000                    .2000             8.645447
6.5000                  8.6000             8.670457
2.8000                    .1000
6.6000                  8.8000      Block 3:
2.7000                                        37.037
6.6500      Kalibrierkurve                     4.7000
2.6000      fallend                            5.1500
6.7000      °C/Zahlenw.                        4.2000
2.5000      Block 1 und 2                      5.5500
6.8000      Korrelations-                      3.8000
2.4000      koeffizient:                       5.8000
6.9000              -.9992                     3.3000
2.3000      Mindestwert:                       6.1500
7.0000               .3222                     3.0000
2.2000      Umfang N:                          6.4000
7.0500                 38                      2.9000
2.1000      Bestimmtheits-                     6.5000
7.1000      maß in %                           2.8000
2.0000                100                     6.5500
7.2000      Y = F (X)                          2.7000
1.9000      Regressions-                       6.6500
7.3000      koeffizient:                       2.6000
1.8000      B =      -.7908                    6.7000
7.4000      A =     8.7879                     2.5000
1.7000      Kalibrierkurve                     6.8000
7.4500      steigend                           2.4000
1.6000      °C/Zahlenw.                        6.9000
7.5000      Regressions-                       2.3000
1.5000      gerade mit ver-                    6.9500
7.6000      trauensgrenzen:                    2.2000
1.4000      Y = FKT (X)                        7.0500
7.6500      X    10.800000                     2.1000
1.3000      Y      .421384                     7.1000
7.7500               .371943                   2.0000
1.2000               .396664                   7.1500
7.8000      X    10.000000                     1.9000
1.1000      Y     1.037269                     7.2000
7.9000               .993261                   1.8000
 .9000      X     8.000000                     7.3000
8.0500      Y     2.577809                     1.7000
 .8000              2.545728                   7.4000
8.1000      X     6.000000                     1.6000
 .7000      Y     4.120911                     7.5000
8.2000              4.095633                   1.5000
 .6000      X     4.000000                     7.5500
```

Abb. 3 Computerausdruck (Fortsetzung).

```
          1.4000      Y = F (X)
          7.7000      Regressions-
          1.3000      koeffizient:
          7.7500      B =      -.7733
          1.2000      A =       8.7478
          7.8500      Kalibrierkurve
          1.1000      fallend
          7.9000      °C/Zahlenw.
          1.0000      Regressions-
          8.0000      gerade mit Ver-
           .9000      trauensgrenzen:
          8.1000      Y = FKT (X)
           .8000      X      4.700000
          8.2000      Y      5.106167
           .7000             5.036064
          8.3000             5.071115
           .6000      X      4.000000
          8.3500      Y      5.653003
           .5000             5.596358
          8.4000      X      3.000000
           .4000      Y      6.435066
          8.5000             6.395908
           .3000      X      2.000000
          8.5500      Y      7.220023
           .2000             7.192564
          8.6500      X      1.000000
           .1000      Y      8.011854
          8.8000             7.982347
           .0500      X      0.000000
          8.7500      Y      8.809607
          -.1000             8.766208
          8.8500      X      -.300000
          -.2000      Y      9.049450
          8.9500             9.000849
          -.3000             9.025149
          9.0000

Kalibrierkurve
steigend
°C/Zahlenw.
Block 3:
Korrelations-
koeffizient:
         -.9996
Mindestwert:
          .1906
Umfang N:
           107
Bestimmtheits-
maß in %
           100
```

Abb. 3 Computerausdruck (Fortsetzung).

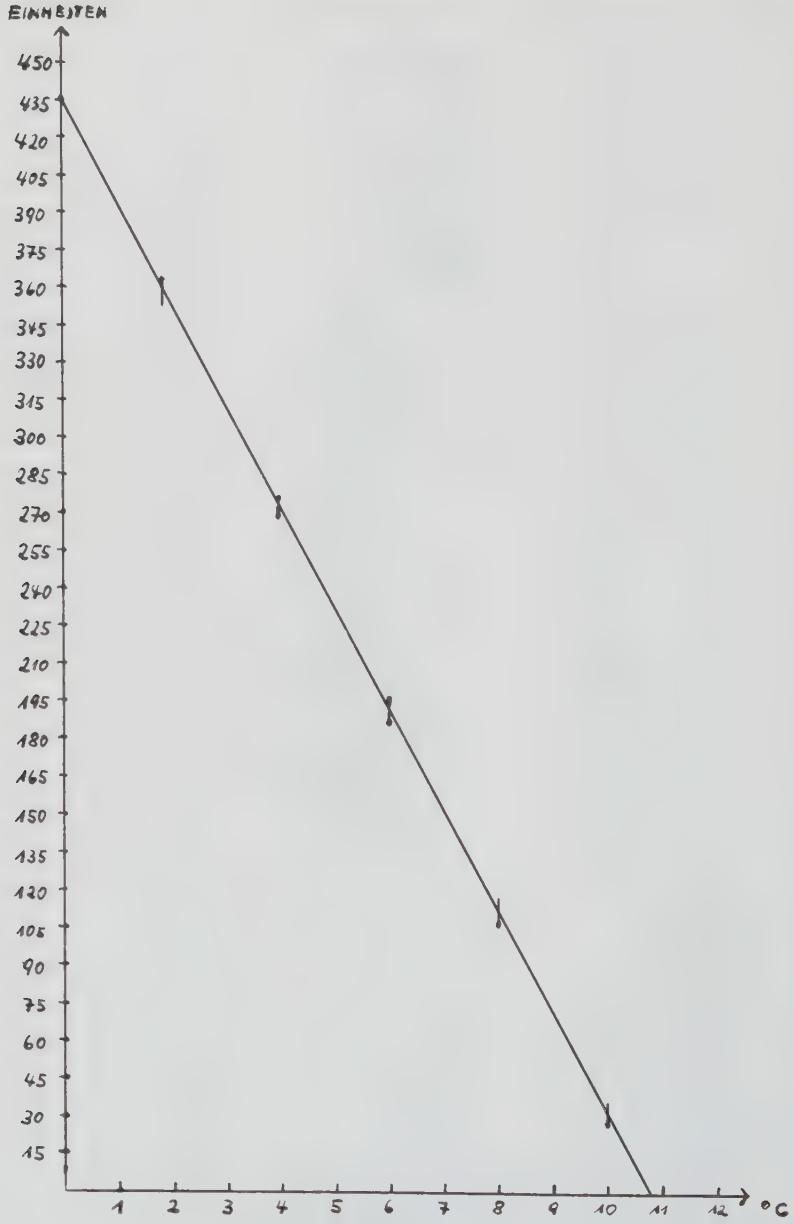


Abb. 4 Kalibrierkurve.

4.1.2 Trennverstärker

Als Verstärker verwendeten wir einen Gleichspannungs-Trennverstärker der Firma Knick, Berlin, mit der Typenbezeichnung 9110 A1. Das Gerät arbeitet im Signalweg mit Vorverstärker, lichtelektronischem Trenner und Simultanendverstärker. Dieses Prinzip ermöglicht es, hohe Potentialunterschiede auch bei sehr kleinen Eingangssignalen zuverlässig abzutrennen.

Der Eingang beträgt ±1 mV. Dem Simultanausgang können gleichzeitig ±20 mA und ±10 V entnommen werden. Der Verstärkungsfaktor ist 10^4, die Grenzfrequenz 10 Hz - 3dB, der Eingangswiderstand 10^{10} Ω/V. Die Isolierspannung beträgt 1500 V zwischen Eingang, Ausgang und Netzversorgung und entspricht damit der VDE-Bestimmung 0750, d.h. erlaubt die Messung an lebenden menschlichen Körpern. Die Prüfspannung ist 5 kV. Der Verstärkungsfehler wird vom Hersteller mit weniger als ±0,3 % v.M. angegeben, der Nullpunktfehler mit weniger als ±0,2 % v.E. Die Anwärmezeit beträgt 30 Minuten, d.h. die Messung sollte erst eine halbe Stunde nach Einschalten des Gerätes erfolgen.

4.1.3 4-Kanalschreiber

Für die gleichzeitige Registrierung von Ohr-, Schleimhaut- und Rauchtemperatur benutzten wir drei Kanäle des uns zur Verfügung stehenden 4-Kanal-Tintenschreibers Multicorder Modell MC 611 der Firma Watanabe Instruments Corp., Tokio.

Die maximale Schreibgeschwindigkeit dieses Systems beträgt Vollausschlag pro 0,5 Sekunden; das entspricht 50 cm/sek. Sämtliche Messungen wurden bei einer Papiertransportgeschwindigkeit von 3 cm/min. durchgeführt. Als Farbcode wurde gewählt: Rot für Schleimhauttemperatur, braun für Rauch- und Mundstücktemperatur, schwarz für die Temperatur

des äußeren Gehörganges. Zwei Kanäle haben eine maximale Empfindlichkeit von je 10 mV bei Vollausschlag, die beiden anderen von je 1 mV. Die beiden empfindlichen Kanäle wurden zur Registrierung von Rauch- und Ohrtemperaturen benutzt. An den einen der beiden unempfindlichen Kanäle wurde der Trennverstärker zur Messung der Schleimhauttemperaturen angeschlossen. Der Linearitätsfehler wird vom Hersteller mit ± 0,3 % bei Vollausschlag, der Auflösungsfehler mit ± 0,1 % bei Vollausschlag angegeben.

4.1.4 Schaltbild (Abb. 5)

Die Verlängerungsleitungen der Thermoelemente werden als Ausgleichsleitungen bezeichnet und verbinden die Schenkel der Thermoelemente mit den Vergleichslötstellen. Ausgleichsleitungen können aus den gleichen Werkstoffen wie das Thermoelement oder aus preislich günstigeren Legierungen mit gleichen thermoelektrischen Eigenschaften hergestellt sein.

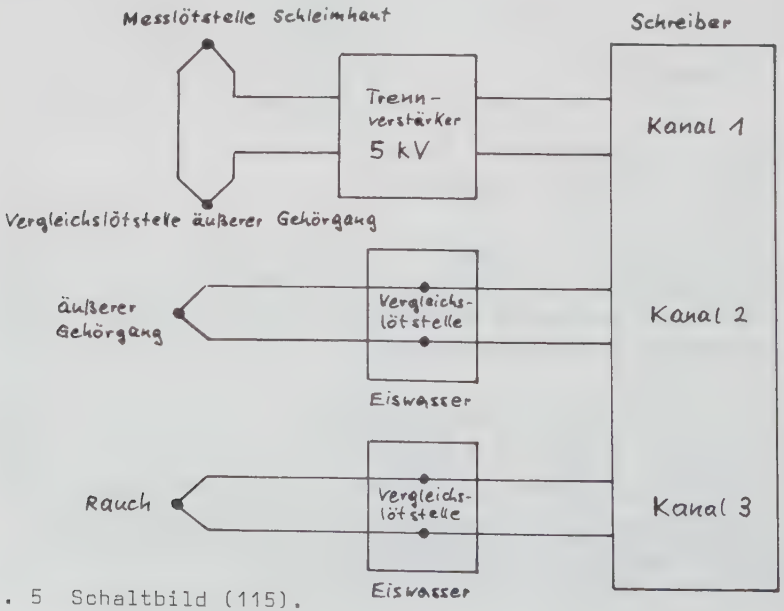
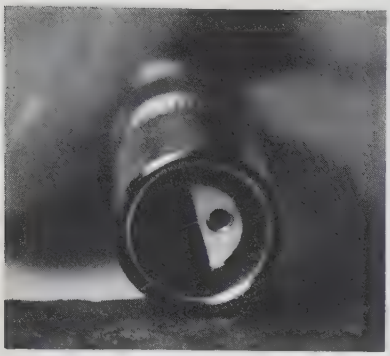


Abb. 5 Schaltbild (115).



Wir verwendeten die Ausgleichsleitungen C 2000 S der Firma Philips mit den praktischen Steckverbindungen LTA 1 mit Selbstverriegelung und vergoldeten Kontakten (Abb. 6).

Abb. 6 Steckverbindung LTA 1.

4.1.5 Ungenauigkeitsbestimmung

Da der Trennverstärker eine Ungenauigkeit von 0,3 % vom Meßwert hat und die Temperaturspanne zwischen Ohr- und Schleimhauttemperaturen nicht mehr als 3 °C betrug, was ca. 120 µV entspricht, beträgt in unserem Fall die endgültige Verstärkerungenauigkeit 0,01 °C.

Der Schreiber hat bei Vollausschlag eine Ungenauigkeit von 0,3 %. Der Vollausschlag entspricht bei unserem Versuchsaufbau 13 °C, das ergibt eine endgültige Schreiberungenauigkeit von 0,04 °C.

Laut Hersteller beträgt die Ungenauigkeit der Thermoelemente maximal 0,75 %. Da wir die Thermoelemente jedoch mit einem $\frac{1}{10}$ °C Quecksilber-Thermometer eichten, erhalten wir eine relative Eichungenauigkeit von 0,1 °C.

Dies bedeutet, daß die Ungenauigkeit von Verstärker und Schreiber vernachlässigbar ist gegenüber derjenigen der Thermoelemente. Hätten wir die Thermoelemente dagegen mit $\frac{1}{100}$ °C Thermometer geeicht, wären die Fehler der Geräte gewichtiger.

Da wir zur Berechnung der absoluten Ohrtemperatur diese mit einem weiteren Thermoelement ermittelten, und dieses mit demselben $\frac{1}{10}$ °C Quecksilber-Thermometer eichten, haben wir die Ungenauigkeit von 0,1 °C zweifach.

Nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz (50) setzen sich jedoch die Fehler nicht additiv zusammen, sondern wir erhalten die Beziehung 0,1 °C $\times\sqrt{2}$, d.h. unsere endgültige Ungenauigkeit beläuft sich auf 0,14 °C.

4.1.6 Die Messung der durch das Rauchen bedingten Temperaturerhöhungen der Mundschleimhaut

Da die Wärmekapazität der feuchten Schleimhaut vielfach höher ist als die des heißen Rauches, war uns von Anfang an klar, daß die Erwärmung der Schleimhaut durch das Medium Rauch sich nur im $\frac{1}{10}$ °C Bereich abspielen werde. Deshalb mußte gefordert werden, eine größtmögliche Auflösung zu erzielen.

4.1.7 Die Messung der Temperatur des Rauches und der Mundstücke

Jeder, der einmal einen kräftigen Zug an einer Zigarre getan hat, wird sich des thermischen Erlebnisses erinnern. Aufgrund von Vorversuchen gingen wir von Rauchtemperaturen bis 80 °C aus. Diese relativ hohen Temperaturen forderten zwar eine exakte Messung, aber keinen derartigen Meßaufwand wie die Messung der Mundschleimhauttemperaturen.

4.1.8 Die Temperatur des Porus acusticus externus als Bezugstemperatur

Da für die Temperaturmessung mit Thermoelementen eine Vergleichsmaßtabelle notwendig ist, und die Auflösung um so genauer wird, je näher die Vergleichstemperatur bei der zu messenden Temperatur liegt, d.h. je kleiner die Temperaturdifferenz und damit die Thermospannung wird, suchten wir eine konstante Vergleichstemperatur, die mindestens für die Dauer der Messung konstant in etwa der Körperkerntemperatur entspricht.

Auf der Hand lag zunächst, mit Hilfe eines Thermostaten 36,5 °C künstlich zu erzeugen. Vorversuche ergaben jedoch, daß der uns zur Verfügung stehende Thermostat die gewünschte Temperatur nicht exakt konstanthalten konnte, sondern laufend die eingestellte Temperatur um $\frac{1}{10}$ °C abwechselnd über- und unterschritt. Dies ergab eine wellenförmige Temperaturkurve auf dem Schreibpapier, die das Auswerten der Schleimhauttemperatur wesentlich erschwert hätte.

Als nächstes kam natürlich die laufend gemessene Rektaltemperatur in Frage, die sowohl vom Wert her als auch vom Temperaturverlauf her voll unseren Ansprüchen genügt hätte, aber für die Probanden als unzumutbar erschien.

Die axilläre Vergleichstemperatur mußte verworfen werden, weil die Befestigung des Thermoelements in der Axilla, die Abdichtung der Axilla nach außen, die Temperaturänderung durch den verdunstenden Schweiß und die um ca. 0,5° unter Rektaltemperatur liegende axilläre Temperatur an sich nicht unseren Vorstellungen entsprach.

Die sublinguale Vergleichstemperatur schied wegen der möglichen Beeinflussung durch die Rauchtemperaturen ebenfalls aus.

Durch die Infrarot-Thermogramme von S c h m i d et al. (88), auf denen der Porus acusticus externus neben dem Angulus oculi medialis als die wärmste Stelle am Kopf hell aufleuchtet, kamen wir auf die Idee, erstmals für Temperaturmessungen den äußeren Gehörgang als Bezugstemperatur zu verwenden. Da wir zur Messung der Vergleichstemperatur (Schmelzwasser) für die Rauchtemperatur und die Ohrtemperatur technisch weniger aufwendige Vergleichslötstellen verwendeten, versuchten wir auch im äußeren Gehörgang zur Messung der Vergleichstemperatur für die Schleimhauttemperaturen zwei Vergleichslötstellen unterzubringen. Mehrere Versuche, Konstruktionen aus weichbleibendem Kunststoff zur Aufnahme der beiden etwa 3 mm dicken Vergleichslötstellen herzustellen, scheiterten aus Platzgründen. Deshalb entschieden wir uns ebenfalls für Thermoelemente, um die Lufttemperatur des äußeren Gehörgangs zu messen.

Wir entwickelten einen Thermoelementhalter für das Ohr in Form eines Transistorradio-Ohrhörers (Abb. 7), der in den

Abb. 7
Lärmschutz mit Thermoelementhalter für den äußeren Gehörgang.

Gehörgang geklemmt wird, diesen abdichtet und von außen zusätzlich durch einen auf Flugplätzen üblichen Lärmschutz gehalten und isoliert wird.

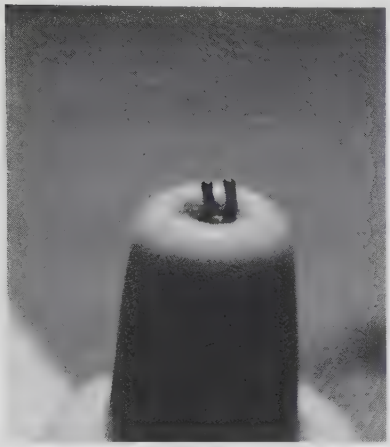


Abb. 8
Umfunktionierter Ohrhörer mit den zwei Thermoelementen zur Messung der Gehörgangstemperatur.

Die beiden Thermoelemente, die die Temperatur der Luft im äußeren Gehörgang messen, wurden im leeren Gehäuse des Ohrhörers so verankert, daß sie ca. 2 mm aus der zum Trommelfell schauenden Öffnung herausragten (Abb. 8). Dann wurden sie im Gehäuse mit kaltpolimerisierendem Kunststoff fixiert.

Durchschnittlich braucht der dicht verschlossene äußere Gehörgang 5 Minuten, bis sich eine konstante Lufttemperatur zwischen 36,6 °C und 36,8 °C einstellt.

Um diese Zeit zu verkürzen, planten wir ursprünglich, den Gehörgang wegen der besseren Wärmeleitfähigkeit mit einer neutralen Flüssigkeit zu füllen. Da mit eventuellen Trommelfellperformationen der Probanden gerechnet werden mußte, wurde diese Absicht wieder aufgegeben. Kortisonfreie Otalgan® Ohrentropfen kamen während der Versuche dann allerdings doch häufiger zur Anwendung, da bei mehreren Messungen hintereinander an einem Probanden dieser im Gehörgang öfters Schmerzen angab, welche durch vorherige Otalganapplikation garnicht oder vermindert auftraten.

Die Gehörgangstemperatur hängt von der Kerntemperatur ab und vollzieht deren physiologische tägliche Schwankungen exakt nach (34, 91). Da die Messungen nicht länger als

10 Minuten dauerten, waren diese geringen Schwankungen auf dem Registrierpapier nicht auszumachen. Die Gehörgangstemperatur entspricht in ihrer Brauchbarkeit der Rektaltemperatur, mit dem Unterschied, daß ihre Messung den Probanden nicht belästigt. Da im Rektum Schleimhauttemperatur, im äußeren Gehörgang jedoch Lufttemperatur gemessen wird, dauert die Ansprechzeit im äußeren Gehörgang so lange, daß eine Fiebermessung im Gehörgang in der täglichen Praxis nicht in Frage kommt, zumal der Gehörgang luftdicht abgedichtet werden muß.

4.1.9 Schmelzwasser als Bezugstemperatur

Bei der Messung der Rauch- und Mundstücktemperaturen, sowie der Ohrtemperatur (absolut) wurde schmelzendes Eis als Bezugstemperatur gewählt. Da die Temperaturspannen zwischen Eiswasser und Ohrtemperatur, Mundstück- und Rauchtemperatur um das vielfache größer sind als die Temperaturspannen zwischen Gehörgangstemperatur und Schleimhauttemperatur, ist das Auflösungsvermögen nicht so groß, wie bei der Messung der Schleimhauttemperatur, aber doch noch so groß, daß die Ohr-, Rauch- und Mundstücktemperaturen auf 0,14 ^{o}C genau angegeben werden können. Um eine Temperaturschichtung im Thermosgefäß zu vermeiden, wurden die Eiswürfel mit einem Hammer zertrümmert, die Temperatur schmelzenden Eises ist 0,0 ^{o}C. Wir achteten peinlich darauf, daß die Vergleichslötstellen im Schmelzwasser, also im unteren Teil des Gefäßes maßen. Sobald nämlich nicht die Temperatur des Schmelzwassers, sondern des Eises gemessen wird, kann die Temperatur je nach Kälte des Eieses weit unter 0 ^{o}C liegen. Das Thermosgefäß war mit einem Deckel verschließbar, in welchem sich zwei kleine Öffnungen für die Ausgleichsleitungen befanden. Das Eis stellten wir aus destilliertem Wasser her, da die Salze des normalen Leitungswassers Nullpunktserniedrigungen bis 0,1 ^{o}C verursachen können (50).

4.1.10 Die Fixierung der Thermoelemente

Wir waren in 1.7. und 1.8. zu dem Schluß gekommen, daß Temperaturmessungen im Mund nur bei geschlossenem Mund physiologische und damit brauchbare Werte erbringen. Deshalb konnten die Thermoelemente nicht mit der Hand gehalten werden, sondern es mußte eine Thermoelementhalterung konstruiert werden.

4.1.11 Forderungen an die Konstruktion des Thermoelementhalters

a. Die Halterung muß das Thermoelement in genau definierter Position auch bei Mundbewegungen halten können.

b. Die Halterung darf auf keinen Fall weite Schleimhautareale abdecken, wodurch in der Mundhöhle eine Klimaänderung eintreten kann.

c. Das Gerät soll den Probanden nicht belästigen.

d. Das Gerät soll sich für mehrere Meßpunkte individuell einstellen lassen, also mehrfach verwendbar sein.

e. Die Spitze des Thermoelementes, also der Meßpunkt, muß von dem Gerät senkrecht und mit leichtem Druck auf die Schleimhautoberfläche aufgesetzt werden.

4.1.12 Thermoelementhalter, Typ A

Um das Thermoelement fassen und festklemmen zu können, befreiten wir normale Schwachstrom-Elektrobuchsen des Modelleisenbahnherstellers Märklin von ihrer Kunststoffhülse, verkürzten die Buchsen auf eine solche Länge, daß gerade noch das Gewinde mit der Schraube von Metall umfaßt war und löteten dann an die Buchse einen KFO-Draht aus V_2A-Stahl (Durchmesser: 0,6 mm, hart) oder einen Messingdraht (Durchmesser: 1 mm) (Abb. 9).

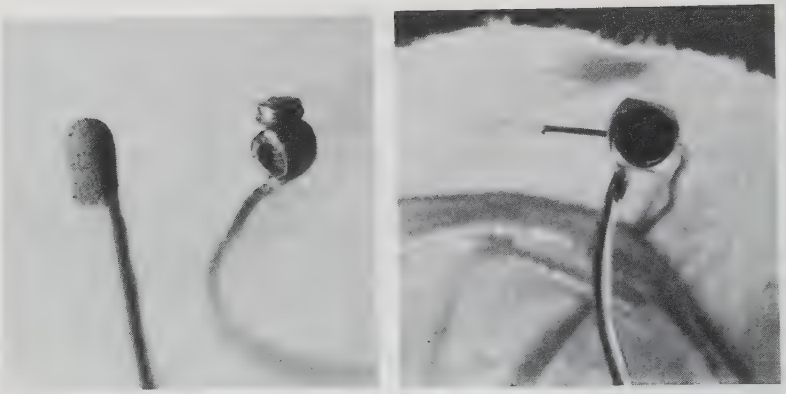


Abb. 9 Thermoelementhaltebuchse.

Auf einem Hartgipsmodell der beiden bezahnten Kiefer des Probanden wurde dann aus kaltpolimerisierendem Kunststoff ein graziles mit Draht stabilisiertes Gerät konstruiert, das meist durch zwei Deltaklammern am Zahnbogen im Oberkiefer interdental fixiert wurde und nur wenige cm^2 der Gaumenschleimhaut bedeckte. Anfänglich arbeiteten wir mit einem Gerät, das drei Arme mit je einer Buchse hatte und die Messung fast aller Schleimhautpunkte der Mundhöhle erlaubte, da die Drähte je nach Bedarf mit der Kramponzange gebogen werden konnten. Dieses Gerät (Abb. 10) stellte sich jedoch schon nach kurzer Zeit als zu groß und unhandlich heraus. Es regte unnötigen Speichelfluß an und hatte den Nachteil, daß es nur im Oberkiefer fixiert werden konnte und Messungen im Unterkiefer nur bei definierter Unterkieferhaltung während der gesamten Meßzeit erlaubte.

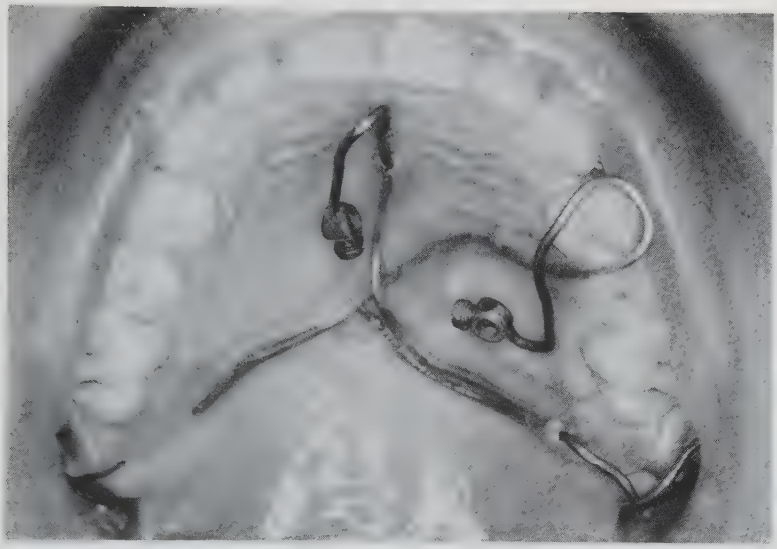


Abb. 10 Thermoelementhalter, Typ A.

4.1.13 Thermoelementhalter, Typ B

Um nun dem rauchenden Probanden jede Unterkieferhaltung während des Rauchens ermöglichen zu können, fertigten wir einen kleineren Gerätetyp mit nur einem Arm an, der durch entsprechendes Biegen mit der Kramponzange im Radius von 1,5 bis 2,5 cm auch andere Schleimhautpunkte erreicht. Dieses Gerät wurde für OK und UK konstruiert und wurde zum Schluß ausschließlich verwendet, da es sehr klein, leicht und stabil ist, keinen künstlichen Speichelfluß erzeugt und vom Probanden nach kurzer Zeit nicht mehr als störend empfunden wird (Abb. 11).

Abb. 11 Thermoelementhalter, Typ B.

4.1.14 Thermoelementhalter, Typ C

Diese Haltevorrichtung wurde für Temperaturmessungen an Zähnen und an der Schleimhaut in der Nähe der Zähne, z.B. Papille oder Gingiva propria entwickelt. Auch die Schleimhaut im Fundus der Umschlagfalten kann zum Teil mit dem Gerät gemessen werden. Auf einem Matrizenband wurde eine, wie oben beschrieben, zurechtgeschliffene Elektrobuchse mit Schraube festgelötet. Das Matrizenband wurde dann beim Probanden an einem geeigneten Zahn mit dem zierlichen Müller-Matrizenspanner befestigt (Abb. 12). Während bei den Thermoelementhaltern vom Typ A und B das Thermoelement maximal 5 mm aus der Buchse herausschaute und damit optimal unbeweglich fixiert war, mußte man beim Typ C das Thermoelement z.B. für die Messung der Schleimhauttemperatur in der Umschlagfalte bis zu 2 cm herausragen lassen.

Da das nur 0,5 mm dicke Thermoelement auf 2 cm Länge schon durch kleine Kräfte gebogen wird, war die Schleimhautfixation der Thermoelementspitze beim Halter Typ C nicht so exakt möglich, wie bei Typ A und B.

Abb. 12 Thermoelementhalter, Typ C.

4.1.15 Der Schleimhautkontakt des Thermoelementes

Für die Temperaturmessung der Schleimhaut verwendeten wir ein Thermoelement, dessen Meßstelle mit dem Mantel verschweißt war (TM-Ausführungsform). Im Längsschnitt sieht ein solches Thermoelement wie folgt aus (Abb. 13):

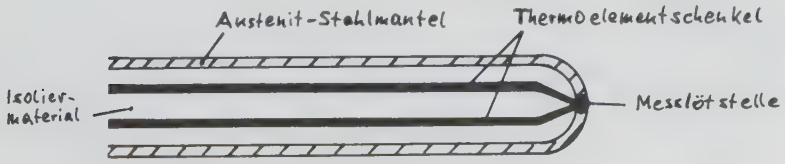


Abb. 13 Thermoelement, Längsschnitt (115).

Aus der Zeichnung geht bereits deutlich hervor, daß punktförmige, exakte Messungen nur bei einer Thermoelementposition von 90° zur Schleimhautoberfläche möglich sind. Entsprechend wurde der Draht mit der festgelöteten Haltebuchse auch immer so gebogen, daß das Thermoelement nach Festschraubung in der Buchse im rechten Winkel die Schleimhaut berührte.

Bei weichen, voluminösen Geweben wie z.B. Zunge, Lippe und Wange, führte ein zu starker Druck des Thermoelementes auf die Schleimhaut zu unphysiologisch hohen Werten, da in Wirklichkeit die Temperaturen tieferer Gewebsschichten gemessen wurden. Zu starker Druck des Thermoelementes auf die Schleimhaut des harten Gaumens oder der Gingiva propria führte sofort zu einer makroskopisch deutlich sichtbaren Anämie verbunden mit einer meßbaren Schleimhautabkühlung.

Deshalb galt es bei jeder Messung, das montierte Thermoelement so zu fixieren, daß es nur leicht die Schleimhaut berührte und am Probanden weder eine Anämie noch Schmerzen verursachte. Wenn sich das Thermoelement durch zu starke Mundbewegungen des Probanden von der Schleimhaut abhob, verriet das der Schreiber sofort durch ganz charakteristische Ausschläge (Abb. 14).

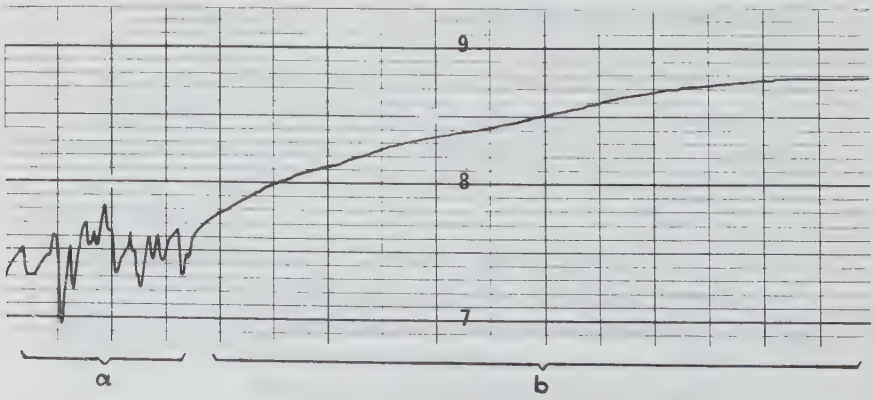


Abb. 14 Charakteristisches Schreiberregistrat bei Luftkontakt der Thermoelementspitze (a) und bei Schleimhautkontakt (b).

4.1.16 Die Vermeidung der Wärmeleitung im Mantel des Thermoelementes

Die Adern des Thermoelementes sind zwar optimal mit Magnesiumoxid gegeneinander und gegen den Mantel geschützt (Abb. 15),

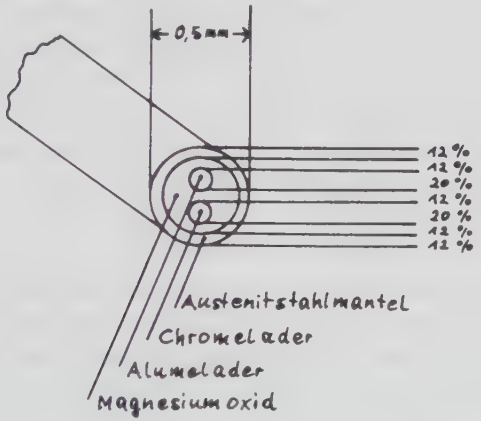


Abb. 15 Thermoelement, Querschnitt (115).

auf die Wärmeableitung hat das Isoliermaterial jedoch keinen Einfluß. Abb. 13 läßt im Längsschnitt leicht erkennen, wie wenig der an der Spitze mit dem Stahlmantel verlötete Meßpunkt gegen Wärmeleitung auf dem Stahlmantel geschützt ist.

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Wärmeableitung zu vermeiden, oder zumindest zu verringern.

Entweder man verlängert den Weg von dem Berührungspunkt der Meßstelle bis zum nächsten Berührungspunkt des Mantels, oder man isoliert den Mantel zusätzlich.

Das Thermoelement von Öltemperaturmessern an Verbrennungsmotoren ist z.B. in der Ölablaßschraube spiralisiert, um den Weg für die Wärmeleitung von der heißen Schraube bis zur Meßspitze zu verlängern.

Wegen der Enge der Mundhöhle und wegen der diese ausfüllenden Zunge mußten wir uns für die Isolierung entscheiden, um zu verhindern, daß die Wärme der Zunge einerseits, und des heißen Rauches andererseits, die Messung der Schleimhauttemperatur über Wärmeleitung im Thermoelementmantel beeinflussen.

Unser Thermoelement wurde auf einer Länge von ca. 3 cm von einem Kunststoffschlauch umgeben. Dieser endete ungefähr 2 mm vor der Meßspitze.

Außer der thermischen Isolation bewirkt dieser Schlauch auch einen mechanischen Schutz des Stahlmantels in der Elektrobuchse, wo das Thermoelement durch eine Schraube festgeklemmt wird.

4.1.17 Der Ablauf einer typischen Messung

Eine halbe Stunde nach Einschalten des Verstärkers kann die erste Messung durchgeführt werden. In dieser Zeit nimmt der Proband auf dem bequemen Experimentierstuhl Platz, erhält den Thermoelementhalter vom Typ A, B oder C eingepaßt und das mit der Kunststoffhülle isolierte Thermoelement wird festgeschraubt. Der Proband hält dann den Mund geschlossen, um physiologische Temperaturverhältnisse in der Mundhöhle zu erreichen. Der Proband wird aufgefordert, nur durch die Nase zu atmen. Zwischendurch wird kurz mit dem zahnärztlichen Spiegel die Eintauchtiefe der Thermoelementspitze kontrolliert und der Proband nach Schmerzen befragt.

Die beiden Vergleichslötstellen der Ohr- und Rauchtempera-

turen sind inzwischen im Schmelzwasser des zertrümmerten Eises im Thermosgefäß versenkt worden, der Thermoelementhalter für das Ohr, der die beiden Thermoelemente zur Registrierung der Gehörgangstemperatur beherbergt, ist in den äußeren Gehörgang eingeführt worden und mit dem Lärmschutz fixiert worden.

Da die Lufttemperatur im äußeren Gehörgang ca. 5 Minuten braucht, bis sie einen konstanten Wert erreicht hat, wartet man solange bis zum Meßbeginn. Durch einen Probelauf des Schreibers sieht man dann sofort, ob die Ohrtemperatur noch steigt oder sich bereits auf einen festen Wert eingestellt hat. Während der Wartezeit wird das Thermoelement zur Registrierung der Rauch- und der Mundstücktemperaturen fixiert.

Das Thermoelement zur Messung der Rauchtemperaturen soll mit dem Meßkopf in einer Entfernung von etwa 3 mm in den aus dem Filter kommenden Rauchstrom ragen. Gegen die Wärmeleitung von Lippe und Glut ist der Mantel wieder durch einen Kunststoffschlauch zu schützen. Befestigt wird das Thermoelement zusammen mit dem Schlauch am Filter durch selbstklebendes Isolierband.

Die Temperaturen, die am Mundstück eines Tabakartikels entstehen, werden dadurch registriert, daß die Thermoelementspitze unter dem Isolierband auf der Oberfläche des Mundstückes fixiert wird. Um Wärmeleitung durch Glut zu vermeiden, wurde wieder der Kunststoffschlauch verwendet. Um die Lippentemperatur nicht zu messen, wurde der Filter bzw. das Mundstück samt Thermoelementspitze mehrfach mit Isolierband umwickelt.

Nach diesen Vorbereitungen beginnt die Registrierung. Bei geschlossenem Mund wird zunächst die Schleimhauttemperatur gemessen. Die Ohr- und Schleimhauttemperaturlinien sollen geradlinig verlaufen. Andernfalls haben die Kurven ihren Höhepunkt noch nicht erreicht und man muß noch warten. Da

die Zigarette noch nicht angezündet ist, mißt das Thermoelement hinter dem Filter im Probelauf die Zimmertemperatur.

Der beim Probelauf ermittelte Schleimhautwert gibt den physiologischen Temperaturwert der Schleimhautoberfläche an.

Während der Schreiber läuft, wird dann die Zigarette angezündet. Alle Ereignisse wie z.B. Anzünden, Husten, Sprechen, Mundatmung des Patienten, Löschen der Zigarette oder Störungen, werden auf dem Papier des Schreibers sofort markiert und vermerkt. Abb. 16 zeigt Zigarette und Thermoelement für Schleimhauttemperatur während der Messung zwischen den Lippen eines Probanden. Um die drei Kurven auch im Schwarz/Weiß-Druck darstellen zu können, haben wir alle Diagramme dieser Arbeit durchgepaust und die Farben Rot und Braun als gestrichelte und durchgehende Linien dargestellt (Abb. 19 bis 32).

Abb. 16
Messung der Schleimhauttemperatur während des Rauchens und bei geschlossenem Mund.

4.1.18 Einstellung des Schreibers

Wichtig für das korrekte Auswerten der Kurven ist die Tatsache, daß die Schreibstifte des Schreibers aus technischen Gründen zeitlich versetzt sind, d.h. die gleichzeitigen Messungen der drei Meßpunkte liegen auf dem Papier genau definiert verschoben. Um bei der Auswertung den Abstand der drei Schreiber von einander kontrollieren und ausmessen zu können, wird vor jeder Registrierung jeder Schreiber bei stehendem Papiertransport auf Messen geschaltet und wieder ausgeschaltet, so daß er seine Position durch einen geraden Strich angibt. Man erhält also 3 parallele Linien, die den genauen Abstand der gleichen Zeitpunkte auf dem Papier definieren.

Die Geschwindigkeit des Papiertransports betrug während aller Messungen 0,5 mm/sek.

Brauner Kanal: Rauchtemperatur/Mundstücktemperatur
Kalibrierfaktor: 39,43 $\frac{\mu V}{^{o}C}$
Empfindlichkeit: 5 mV/250 mm
1 Teileinheit entspricht: 1,27 ^{o}C
Legende: durchgezogene Linie.

Roter Kanal: Schleimhauttemperatur
Kalibrierfaktor: 39,54 $\frac{\mu V}{^{o}C}$
Empfindlichkeit: 0,5 mV
1 Teileinheit entspricht: 0,13 ^{o}C
Legende: gestrichelte Linie.

Schwarzer Kanal: Temperatur des äußeren Gehörgangs
Kalibrierfaktor: 36,77 $\frac{\mu V}{^{o}C}$
Empfindlichkeit: 1 mV
Gegenspannung: 0,92 mV
1 Teileinheit entspricht: 0,27 ^{o}C

4.1.19 Benutzte Tabakwaren

Im Vordergrund unseres Interesses stand die leichte Filterzigarette, weil sie in Deutschland den am meisten geraucht-ten Tabakartikel darstellt. Durch die Verwendung leichter und sauerer Tabake sowie durch ihren Zelluloseazetatfilter ist sie leicht verträglich, löst keinen Hustenreiz aus und animiert daher zum Inhalieren. Durch die schnelle Gewöhnung an das Inhalieren setzt sie den Raucher in besonderem Maße dem Risiko eines späteren Lungenkrebses aus (110).

Als Vertreter der leichten Filterzigaretten wählten wir die Marke Lord Extra, welche 10 mg Kondensat und 0,4 mg Nikotin freisetzt.

Ferner verwendeten wir als Vertreter der filterlosen starken Zigaretten, die in steigendem Maße geraucht werden, die Marke Rothändle mit 22 mg Kondensat und 1,9 mg Nikotin.

Um zu beweisen, daß Mentholzigaretten keinen kühleren Rauch produzieren als andere Zigaretten gleicher Stärke, testeten wir die von Kondensat und Nikotingehalt her der Lord ähnliche Windsor Menthol mit 11 mg Kondensat und 0,5 mg Nikotin.

Die Wirkung von Zigarettenspitzen mit und ohne Filter auf die Rauchtemperatur bewiesen wir mit einer 8,5 cm langen Spitze aus Kunststoff und Metall ohne Filter, sowie mit einer 8 cm langen Denicoteaspitze aus Plastik mit auswechselbaren Kieselgelkristallfiltern.

Die Wirksamkeit dieser Kieselgelfilter ist unbestritten. Durch die Oberfläche von mehreren Hundert Quadratmetern pro Gramm Kieselgel ist diese Filterart vielfach wirksamer als der normale Zelluloseazetat-Filter der Filterzigarette. Abb. 17 zeigt den Farbunterschied zwischen einem unbenutzten und einem für 2 Zigaretten benutzten Denicotea-Kieselgelfilter (Abb. 17).

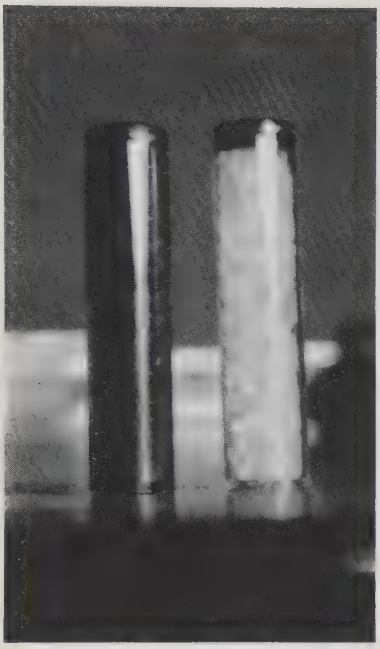


Abb. 17
Unbenutzter (rechts) und für 2 Zigaretten benutzter Kieselgelfilter.

Als Testobjekt für die Gruppe der Zigarillos verwendeten wir Rillos mit Mundstück ohne Filter der Firma Villiger.

Ferner kam als Vertreterin der Zigarren die Zigarre Weekend zur Anwendung.

Um die Rauchtemperaturen an der Pfeife zu ermitteln, stopften wir eine Tonpfeife, die völlig aus Ton gebrannt ist, sowie eine normale Pfeife mit einem üblichen Kopf aus Bruyêre, dem Wurzelholz einer Erica-Art, und einem üblichen Mundstück aus Para-Kautschuk mit einem Krüllschnitt der Firma Brinkmann mit der Bezeichnung "Portorico".

Letztendlich beschäftigten wir uns mit den Temperaturen der Wasserpfeife, welche aus einem 500 ml Erlenmaierkolben, einem 2-löchrigem Gummi und aus zwei Glasrohren konstruiert wurde (Abb. 18).

Abb. 18
Die verwendete Wasserpfeife.

4.1.20 Rauchmodus

Um die Ergebnisse von Rauchversuchen vergleichen zu können, wird eine strenge Standardisierung der Versuchs- und Rauchbedingungen gefordert, die jedoch in der Praxis sich fast nur am maschinell berauchten Tier realisieren läßt. So werden z.B. in Deutschland und in der Schweiz (85) die meisten Versuchstiere, seltener menschlische Probanden, nach dem sog. Coresta-Standard berauchт, welcher für die Lagerung der benutzten Tabakwaren eine Lufttemperatur von 20 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 67 % vorschreibt. Ferner sieht er einen Zug pro Minute mit einem Zugvolumen von 35 ml bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 17,5 ml/sek. vor. Diese exakten Werte können nur von einer Berauchungs-Maschine verwirklicht werden.

Der von der Zigarettenindustrie entwickelte Coresta-Standard fordert ferner, daß Filterzigaretten nur bis zu einer Länge von minimal Filter plus 8 mm geraucht werden dürfen.

Da die Schädlichkeit der filternahen Züge am größten ist und Filterzigaretten zum Teil bis zum Filter geraucht werden, ist verständlich, weshalb die Zigarettenindustrie den Standard so gestaltete. Nach Befolgung dieser und ähnlicher Konditionierungen kommen auf eine Zigarette etwa 10 Züge.

Da bei unserer Untersuchung eine maschinelle Beatmung ausschied und nicht eine statistische Auswertung der Ergebnisse an mehreren Probanden, sondern eine Untersuchung im Sinne einer Pilotstudie geplant war, entschieden wir uns für folgende Standardisierung:

a. Aufbewahrung aller Tabakwaren in einem luftdichten Behälter.

b. Max. Meßdauer eines Versuches 10 Minuten. Zeitpunkt: Morgens zwischen 8.oo und 12.oo Uhr.

c. Gleichmäßige und regelmäßige Züge von Zigaretten, Zigarillo, Zigarre und Wasserpfeife im Abstand von 30, 40 oder 60 Sekunden.

d. Extrem starke Züge nur nach Aufforderung, um die max. Rauch- und Schleimhauttemperaturen zu ermitteln.

e. Die Zugzahl und Zugstärke bei Reverse Smoking und Pfeife blieb dem Probanden überlassen, da bei diesen beiden Raucharten eine Konditionierung unmöglich ist.

f. Filterzigaretten werden bis zum Filter geraucht, Zigarre, Zigarillo und filterlose Zigarette so lange, bis der Rauchartikel nicht mehr mit Daumen und Zeigefinger gehalten werden kann.

g. Der Rauch der filterlosen Zigaretten, Filterzigaretten und der Wasserpfeife wird inhaliert oder durch die Nase ausgeatmet. Der Rauch der Zigarre, des Zigarillos und der Pfeife wird nicht inhaliert; seine Verweildauer im Mund wird vom Probanden selbst bestimmt.

Einen physiologischen Rauchmodus zu gestalten, ist unserer

Meinung nach deshalb nicht möglich, da Rauchen an sich unphysiologisch ist. Eigene Beobachtungen an Rauchern zeigten, daß es ganz unterschiedliche Raucher gibt. Die einen ziehen an einer Zigarette nur 2 bis 5 Mal und lassen den Rest im Nebenstrom verglimmen, was besonders bei Anlässen beobachtet wird, wo der Raucher sich eine Zigarette anzündet, um etwas in der Hand halten zu können, die anderen ziehen mehrfach pro Minute, was auf starken Streß schließen läßt. Der eine Raucher zieht oft und schwach, der andere selten und stark. Der mit zwei Händen Tätige hält die Zigarette mit den Lippen, zieht quasi permanent und gefährdet zusätzlich seine Augen durch fliegende Asche.

Wie aus den Tabellen der Abb. 33 bis 51 hervorgeht, lagen die Zimmertemperaturen (ZT) bei durchschnittlich 21,5 ^{o}C, mit einer Schwankungsbreite von max. 2,9 ^{o}C. Man muß beachten, daß die Messungen in den Sommermonaten Juli bis September durchgeführt wurden.

4.1.21 Die Wahl der Meßpunkte

Um herauszufinden, ob durch Rauchen überhaupt meßbare Temperaturerhöhungen an der Mundschleimhaut verursacht werden, machten wir Vorversuche.

Gemessen wurden dabei die Schleimhauttemperaturen an den Lippen, am harten und weichen Gaumen, am Planum buccale, an Zungenspitze, auf dem Zungenrücken, an der Zungenseite, sublingual, in den vorderen und hinteren Umschlagfalten des Ober- und Unterkiefers, an der Tonsilla palatina, an der Zahnfleischpapille 11/21 und am Zahn 11.

Die Messungen der Vorversuche zeigten uns, daß die Umschlagfalten, die Gingiva propria, die sublinguale Schleimhaut, sowie der ganze Mundboden keine Temperaturänderungen beim Rauchen erfahren. Dies ist deshalb nicht verwunderlich, da

man sich vorstellen kann, daß beim Ziehen ein negativer Druck, also ein Sog aufgebaut wird, bei dem die Umschlagfalten zusammengepreßt werden und auch die Zunge fest gegen den Mundboden gedrückt wird. Dennoch kann dadurch nicht das Einfließen des Tabaksuds in die untere Umschlagfalte und den Mundboden verhindert werden, welcher dort stehen bleibt.

Deutliche Temperaturerhöhungen fanden wir dagegen bei allen Schleimhautpunkten, die die Rauchstraße bilden oder an ihrem Rand liegen.

Besonders aufwärmen kann sich der harte Gaumen, aber auch der weiche Gaumen. Lippen, Zungenrücken, Zungenspitze, Zungenseite, Planum buccale und Tonsilla palatina zeigten unterschiedlich starke Temperaturerhöhungen. Auch die Zähne werden durch das Rauchen erwärmt.

Dennoch entschieden wir uns, nicht alle diese Schleimhautpunkte mit zwölf verschiedenen Tabakartikeln zu testen. Die Messung der Oberflächentemperatur eines Zahnes erlaubte z.B. der Kopf der von uns verwendeten Miniatur-Mantel-Thermoelemente nicht. Die Schleimhauttemperaturmessung auf den Tonsillen löste bei beiden Probanden Brechreiz aus und machte die Werte dadurch "unsicher". Planum buccale und Zunge sind stark beweglich und verstoßen daher gegen die Forderung des genau definierten Thermoelementauflagedrucks.

Da der harte, unbewegliche Gaumen dem Tabakrauch am stärksten ausgesetzt ist, die Thermoelementfixierung durch unsere Haltegeräte Typ A und B dort am einfachsten zu bewerkstelligen ist, der Proband am wenigsten gestört wird und durch dies alles die Meßergebnisse am genauesten werden, erschien es sinnvoll, am harten Gaumen die Messungen bei elf verschiedenen Rauchpraktiken am gründlichsten und umfangreichsten zu gestalten (s. 4.2.4).

Der Meßpunkt am harten Gaumen lag auf der Raphe mediana auf

Höhe der dritten Plica palatina.

Ferner beschlossen wir, am Zungenrücken und am weichen Gaumen, welche ebenfalls unmittelbar die Rauchstraße des Hauptstroms bilden, die meist gerauchten Tabakwaren: Filterzigarette, filterlose Zigarette, Pfeife, Zigarre und Zigarillo zu testen (s. 4.2.5 und 4.2.6).

Der Meßpunkt auf dem Zungenrücken lag median auf dem mittleren Zungendrittel. Der Meßpunkt am weichen Gaumen lag auf der Raphe mediana etwa 1 cm hinter der Nasenblaslinie.

Wegen ihrer Mobilität und peripheren Lage - die Zungenspitze liegt z.B. beim Ziehen im Schatten der Unterkieferfrontzähne - wurde am Planum buccale und an der Zungenspitze nur der häufigste Tabakartikel, nämlich die leichte Filterzigarette, getestet (s. 4.2.7). Der Meßpunkt am Planum buccale lag auf der Höhe der ersten Molaren interkalar, auf der Zungenspitze etwas oberhalb des vordersten Punktes.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Die physiologischen Temperaturen des äußeren Gehörgangs, sowie der Schleimhaut des harten und weichen Gaumens, des Zungenrückens, der Zungenspitze und des Planum buccale

Da wir bei jeder Messung aus technischen Gründen (s. 4.1.8 und 4.1.17) zuerst die konstante Temperatur des äußeren Gehörgangs und die konstante Mundschleimhauttemperatur messen mußten, erhielten wir eine große Menge an physiologischen Ausgangswerten für beide Probanden.

Auf den Tabellen der Abb. 33 bis 51 sind unter OT (Ohrtemperatur) und SH_0 (Schleimhautausgangstemperatur) alle gemessenen Werte, sowie auf den Tabellen der Abb. 52 und 53 bereits Durchschnittswerte ersichtlich.

Wenn man von diesen Durchschnittswerten nochmals den Durchschnitt errechnet, erhalten wir für Proband M.H. eine durchschnittliche Gehörgangstemperatur von 36,81 °C, mit einer Schwankungsbreite (SB) von 0,24 °C, für Proband H.G.F. von 37,20 °C, mit einer Schwankungsbreite von 0,34°C. Der signifikante Unterschied zwischen den beiden Probanden ist in den Tabellen der Abb. 33 bis 53 bei jeder Messung deutlich sichtbar.

Proband M.H. zeigte am harten Gaumen durchschnittliche Schleimhautwerte von 36,50 °C mit einer Schwankungsbreite von 0,13 °C, Proband H.G.F. von 36,68 °C mit einer Schwankungsbreite von 0,18 °C.

Am weichen Gaumen wurden bei Proband M.H. durchschnittlich 36,48 °C mit einer Schwankungsbreite von 0,21 °C gemessen, bei Proband H.G.F. 36,58 °C mit einer Schwankungsbreite von 0,32 °C.

An Zungenrücken, Zungenspitze und Planum buccale wurden bei Proband M.H. durchschnittlich 37,47 °C, 37,42 °C und 36,54°C mit Schwankungsbreiten von 0,15 °C, 0,40 °C und 0,26 °C gemessen, bei Proband H.G.F. 36,67 °C, 36,68 °C und 36,62 °C bei Schwankungsbreiten von 0,05 °C, 0,26 °C und 0,30 °C.

4.2.2 Die Rauchtemperaturen bei elf gängigen Praktiken des Rauchens einschließlich Reverse Smoking und Wasserpfeife

In den Tabellen der Abb. 33 bis 53 sind unter R_1, R_2 und R_3 die Rauchtemperaturen elf verschiedener Rauchobjekte verzeichnet, die bei dem ersten Zug, bei einem mittleren Zug und bei dem letzten, in der Regel dem heißesten Zug auftreten.

Während bei allen Tabakwaren, außer bei der Wasserpfeife, nach dem ersten Zug (R_1) durchschnittliche maximale Rauch-

temperaturen zwischen 28,17 °C (filterlose Zigarette) und 32,04 °C (Filterzigarette) gemessen wurden, sind die mittleren Rauchtemperaturen (R_2) der jeweiligen Tabakwaren und ihre maximalen Rauchtemperaturen (R_3) unterschiedlich hoch und charakteristisch.

Wir ermittelten durchschnittlich als mittlere Rauchtemperatur (R_2) für leichte Filterzigaretten einschließlich Mentholzigaretten 39° - 41°C, für die filterlose Zigarette 37° - 38°C, für die filterlose Zigarette mit Denicoteafilter 32° - 33,5°C, für die filterlose Zigarette mit Spitze 35° - 36°C, für das Zigarillo 44°C, für die Zigarre 43°-44°C, für die Pfeife 41°C, für die Tonpfeife 40°C und für die Wasserpfeife 25,5° bei Wasserfüllung mit Zimmertemperatur.

Als maximale Rauchtemperaturen (R_3) ermittelten wir durchschnittlich 54° - 57°C für die leichte Filterzigarette und Mentholzigarette, 50° - 51°C für die filterlose Zigarette, 38°C für die filterlose Zigarette mit Denicoteafilter, 42°C für die filterlose Zigarette mit Spitze, 62° - 66°C für das Zigarillo, 70°C für die Zigarre, 63°C für die Pfeife, 51°- 52°C für die Tonpfeife, 25,5° - 26°C für die Wasserpfeife und 97° - 98°C für das Reverse Smoking.

Diese Werte wurden 3-5 mm hinter dem Mundstück bzw. Filter des betreffenden Rauchobjektes gemessen, indem ein Thermoelement am Mundstück bzw. Filter mit Isolierband festgeklebt und hakenförmig hinter dem Filter herumgebogen wurde (s. 4.1.17).

Beim Reverse Smoking wurden die Temperaturen über der Schleimhaut, also ca. 15-20 mm über der Glut gemessen.

4.2.3 Die Mundstück- bzw. Filtertemperaturen bei neun gängigen Praktiken des Rauchens

Wie bei den Rauchtemperaturen R_1, R_2 und R_3 ermittelten wir die Mundstück- bzw. Filtertemperaturen während des ersten, eines mittleren und des letzten Zuges eines Rauchvorgangs, um die thermische Belastung der Lippe ermessen zu können.

Die Abkürzungen, unter denen die Temperaturen in den Tabellen der Abb. 36 bis 46, 52 und 53 entnommen werden können, sind F_1, F_2 und F_3 für Mundstück und Filter aus Einheitsgründen gleichermaßen.

Wie zu erwarten, sind zwischen den beiden Probanden keine signifikanten Unterschiede feststellbar, da die Mundstücktemperatur, wie die Rauchtemperatur, vom Probanden nur durch unterschiedlich starke Züge variiert werden können.

Das praktische Vorgehen bei der Messung der Mundstück- bzw. der Filtertemperatur ist in 4.1.17 beschrieben.

So erhielten wir als Mundstückanfangstemperatur F_1 für die leichte Filterzigarette, die leichte Mentholzigarette, die filterlose Zigarette, die filterlose Zigarette mit Denicoteafilter oder Spitze, das Zigarillo, die Zigarre, die Pfeife und Tonpfeife Temperaturen zwischen 29,21°C (Tonpfeife) und 31,62°C (filterlose Zigarette).

Die Schwankungsbreite bei den mittleren Mundstückstemperaturen F_2, denen die Lippen am meisten ausgesetzt werden, beträgt durchschnittlich 11°C, wobei die Zigarre mit 41,5°C die Lippen wesentlich stärker belastet als die filterlose Zigarette mit dem Denicotea-Filter, welcher sich nur auf 30,4°C erwärmt.

Extrem werden die Unterschiede gegen Ende des Rauchvorgangs, wobei die leichte Filterzigarette und die leichte Menthol-

filterzigarette die Lippen mit durchschnittlich 50°C, die filterlose Zigarette mit 54°C, die filterlose Zigarette mit Denicotea-Filter oder Spitze mit 31,5°C, das Zigarillo trotz Kunststoffmundstück mit 42°C, die Zigarre mit 58°C, die Pfeife mit 52°C und die Tonpfeife mit 45°C belastet.

Beim Reverse Smoking berühren die Lippen die Zigarette etwa 3 cm vor der Glut, so daß diese im Gegensatz zu den intraoralen Weichteilen nicht "aufgeheizt" werden.

Das Mundstück der Wasserpfeife wird von der Lippe aufgewärmt und nicht etwa vom nur 25°C warmen Rauch, so daß Temperaturmessungen am Mundstück der Wasserpfeife ausschieden.

4.2.4 Die Schleimhauttemperaturen am harten Gaumen bei elf verschiedenen gängigen Rauchpraktiken, einschließlich Wasserpfeife und Reverse Smoking

Unter SH_1, SH_2 und SH_3 sind den Tabellen der Abb. 33 bis 53 die Schleimhauttemperaturen zu entnehmen, welche nach dem ersten, einem mittleren und dem letzten Zug eines Rauchobjektes gemessen wurden.

Für die Schleimhauttemperatur nach dem ersten Zug SH_1 erhielten wir ein Ergebnis, mit dem wir nicht gerechnet hatten, nämlich eine leichte Abkühlung. Während die durchschnittliche Schleimhautausgangstemperatur SH_0 am harten Gaumen 36,5°C betrug, fanden wir für SH_1 eine leichte Abkühlung auf 36,43°C.

Der signifikante physiologische Temperaturunterschied zwischen den beiden Probanden bei der Gehörgangs- und Schleimhautausgangstemperatur OT und SH_0 wird auch bei allen SH_1-, SH_2- und SH_3-Werten deutlich, wie die Übersichtstabellen der Abb. 52 und 53 zeigen.

Als Schleimhauttemperatur SH_2 nach einem mittleren Zug erhielten wir durchschnittlich z.B. für Proband H.G.F. bei der leichten Filterzigarette und der Mentholzigarette eine Temperaturerhöhung von 0,24°C, bei der filterlosen Zigarette von 0,17°C, bei der filterlosen Zigarette mit Denicotea-Filter von 0,13°C, bei der filterlosen Zigarette mit Spitze von 0,12°C, beim Zigarillo von 0,28°C, bei der Zigarre von 0,59°C, bei der Pfeife von 0,53°C, bei der Tonpfeife von 0,34°C und bei der Wasserpfeife von 0,27°C.

Als Schleimhauttemperatur SH_3 nach dem letzten Zug registrierten wir durchschnittlich für denselben Probanden bei der leichten Filterzigarette eine Temperaturerhöhung von 0,61°C, bei der Mentholzigarette von 0,49°C, bei der filterlosen Zigarette von 0,21°C, bei der filterlosen Zigarette mit Denicotea-Filter von 0,34°C, bei der filterlosen Zigarette mit Spitze von 0,38°C, beim Zigarillo von 0,63°C, bei der Zigarre von 2,4°C, bei der Pfeife von 1,04°C, bei der Tonpfeife von 0,74°C, bei der Wasserpfeife von 0,28°C, beim Reverse Smoking von 4,03°C und beim experimentellen "Heißluftrauchen" eine Abkühlung von 0,38°C.

Gewonnen wurde die Heißluft durch einen leichten Preßluftstrom, der durch eine Glasspirale durch das 80°C heiße Wasserbad des Haake-Thermostaten (s. auch 4.1.1) geleitet wurde und am Mundstück eine Temperatur von 54°C besaß.

Die Abb. 19 bis 28 zeigen von allen Rauchpraktiken am harten Gaumen den Rauch- und Schleimhauttemperaturverlauf von Originalregistraten, wobei die Schreiberfarbe Rot für Schleimhaut in den Schwarz-Weiß-Abbildungen "gestrichelt" und Braun für Rauch "durchgezogen" dargestellt sind.

4.2.5 Die Schleimhauttemperaturen am weichen Gaumen beim Rauchen von Filterzigarette, filterloser Zigarette, Zigarre und Zigarillo

Die Temperatureinzel- und Temperaturdurchschnittswerte sind den Tabellen der Abb. 33 bis 42 und 53 zu entnehmen.

Da der weiche Gaumen dem Rauch nicht so stark ausgesetzt ist wie der harte Gaumen, wurden nur die vier gängigsten Tabakartikel Filterzigarette, filterlose Zigarette, Zigarre und Zigarillo getestet.

Nach dem ersten Zug wurden SH_1-Werte ermittelt, die den physiologischen SH_0-Werten entsprachen.

Als Schleimhauttemperatur SH_2 nach einem mittleren Zug ermittelten wir durchschnittlich am weichen Gaumen z.B. am Probanden H.G.F. bei der leichten Filterzigarette eine Temperaturerhöhung von 0,29°C, bei der filterlosen Zigarette von 0,28°C, bei der Zigarre von 0,27°C und bei dem Zigarillo von 0,25°C.

Als Schleimhauttemperatur SH_3 nach dem letzten Zug registrierten wir durchschnittlich am weichen Gaumen desselben Probanden bei der leichten Filterzigarette eine Temperaturerhöhung von 0,55°C, bei der filterlosen Zigarette von 0,54°C, bei der Zigarre von 0,87°C und beim Zigarillo von 0,48°C.

Die Abb. 29 bis 32 zeigen von diesen vier Hauptrauchpraktiken den Schleimhaut- und Rauchtemperaturkurvenverlauf, abkopiert von Originalregistraten.

4.2.6 Die Schleimhauttemperaturen am Zungenrücken beim Rauchen von Filterzigarette, filterloser Zigarette, Pfeife und Zigarillo

Abb. 47 bis 50 und 53 zeigen wiederum unter SH_1 bis SH_3 die Schleimhautwerte nach dem ersten Zug, einem mittleren und dem letzten Zug an dem betreffenden Rauchobjekt.

Die ermittelten SH_1-Werte entsprachen wie am weichen Gaumen den physiologischen SH_0-Werten.

Als Schleimhauttemperatur SH_2 nach einem mittleren Zug registrierten wir am Zungenrücken durchschnittlich z.B. für Proband M.H. bei der leichten Filterzigarette eine Temperaturerhöhung von 0,13°C, bei der filterlosen Zigarette von 0,08°C, bei der Pfeife von 0,29°C und beim Zigarillo von 0,25°C.

Als Schleimhauttemperatur SH_3 nach dem letzten Zug ermittelten wir am Zungenrücken desselben Probanden durchschnittlich bei der leichten Filterzigarette eine Temperaturerhöhung von 0,25°C, bei der filterlosen Zigarette von 0,21°C, bei der Pfeife von 0,60°C und beim Zigarillo von 0,47°C.

4.2.7 Die Schleimhauttemperaturen am Planum buccale und an der Zungenspitze beim Rauchen der leichten Filterzigarette

Da die Zungenspitze relativ geschützt vor dem Hauptstrom hinter der unteren Zahnreihe beim Ziehen liegt, und auch das Planum buccale nur an der Peripherie der Rauchstraße liegt, haben wir an diesen beiden Schleimhautpunkten nur den am meisten gerauchten Tabakartikel, nämlich die leichte Filterzigarette getestet.

Die Schleimhauttemperaturwerte sind auf den Tabellen der Abb. 49 bis 51 und 53 ersichtlich.

An beiden Schleimhautlokalisationen sind die Schleimhauttemperaturwerte SH_1 nach dem ersten Zug nur geringfügig oder garnicht höher als die physiologischen Schleimhauttemperaturwerte SH_0.

Als Schleimhauttemperatur SH_2 nach einem mittleren Zug erhielten wir z.B. für Proband H.G.F. durchschnittlich an der Zungenspitze bei der leichten Filterzigarette eine Temperaturerhöhung von 0,09°C, am Planum buccale von 0,16°C.

Als Schleimhauttemperatur SH_3 nach dem letzten Zug registrierten wir bei demselben Probanden an der Zungenspitze durchschnittlich bei der leichten Filterzigarette eine Temperaturerhöhung von 0,20°C, am Planum buccale von 0,45°C.

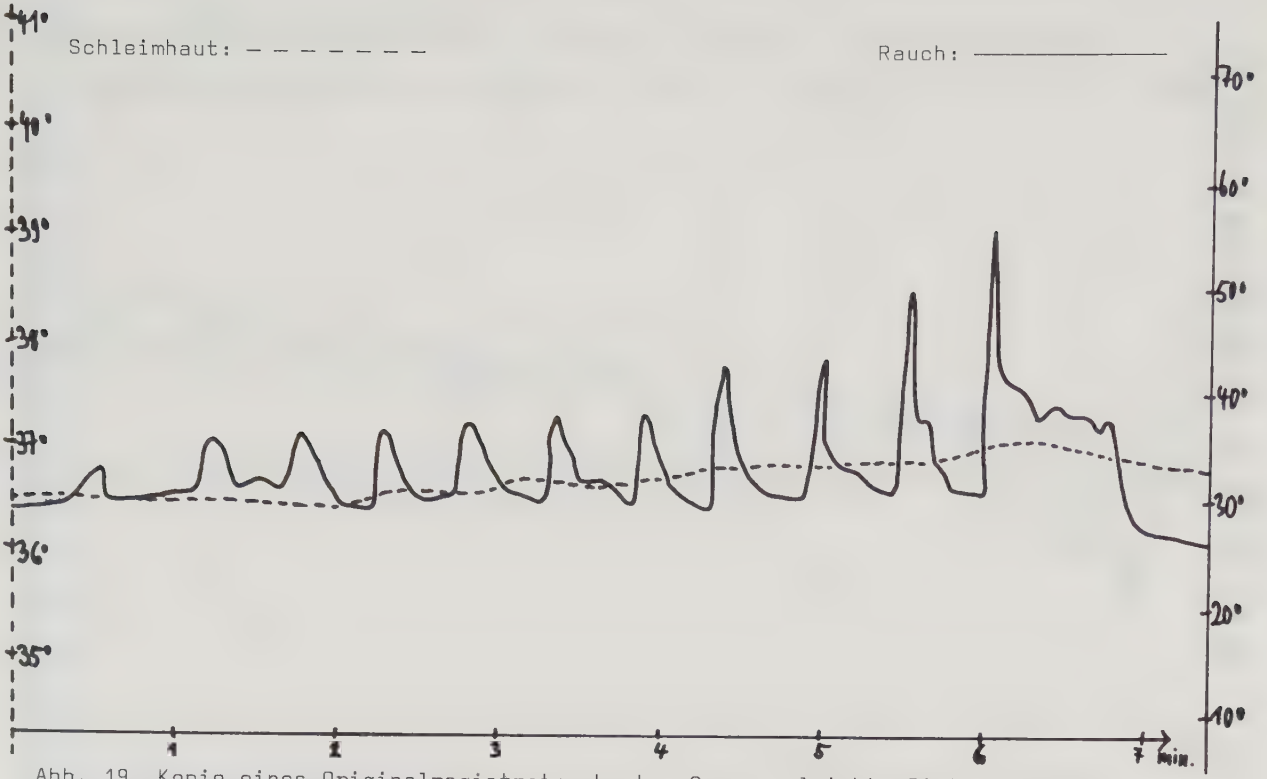


Abb. 19 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, leichte Filterzigarette. Ohrtemperatur: 37,06°C

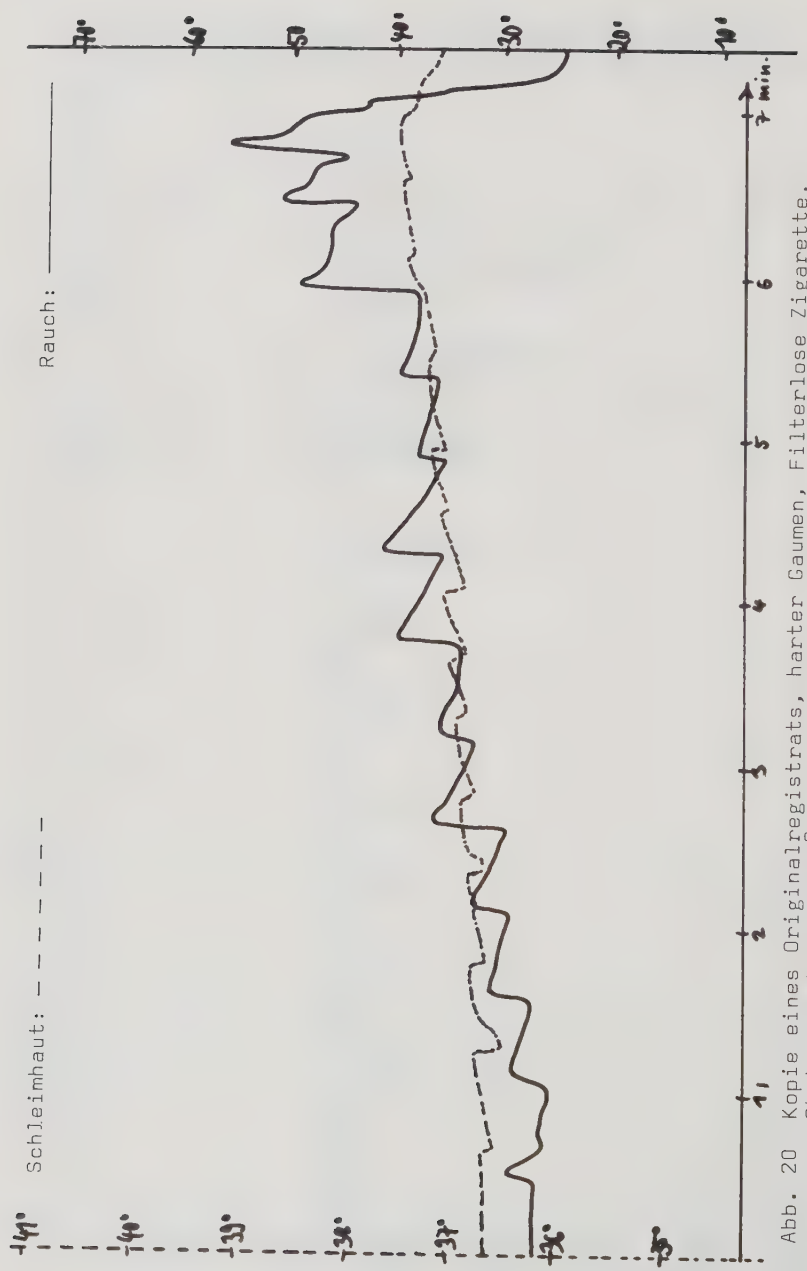


Abb. 20 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, Filterlose Zigarette. Ohrtemperatur: 36,75°C

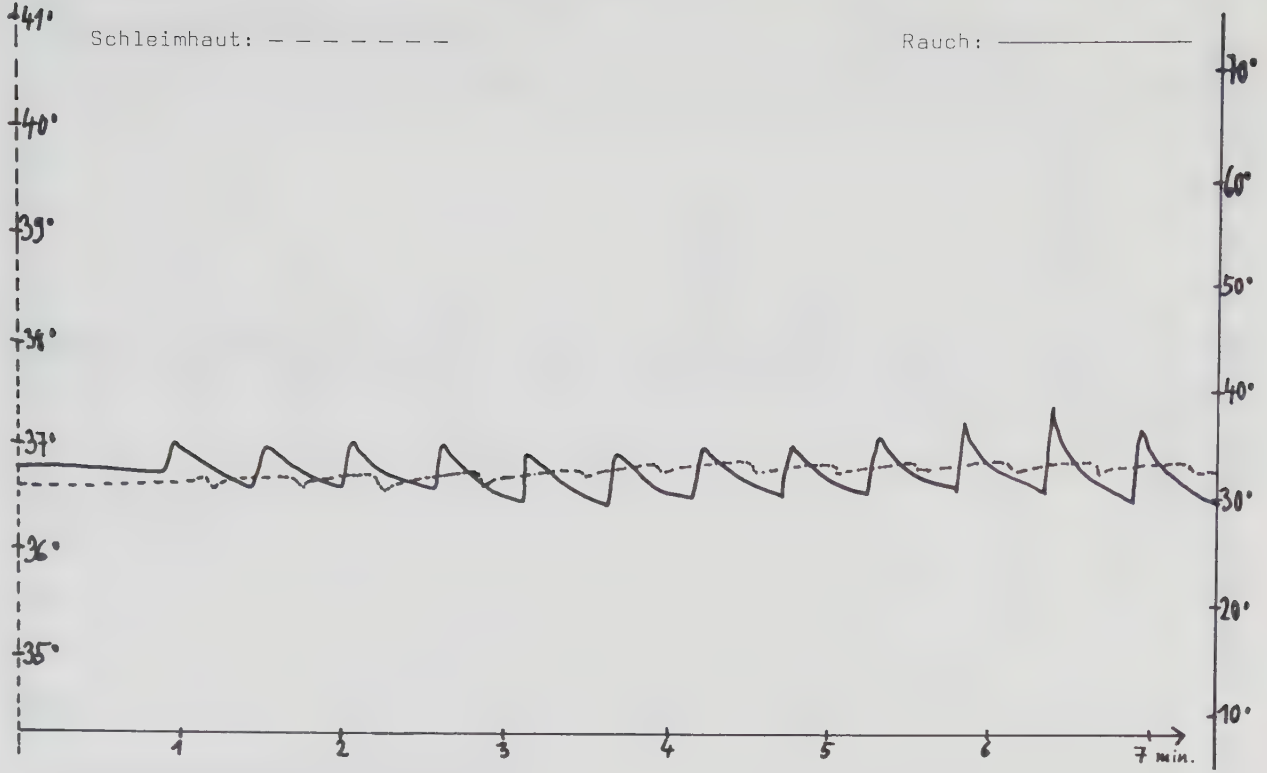


Abb. 21 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, Zigarette + Denicotea ®. Ohrtemperatur: 36,78°C

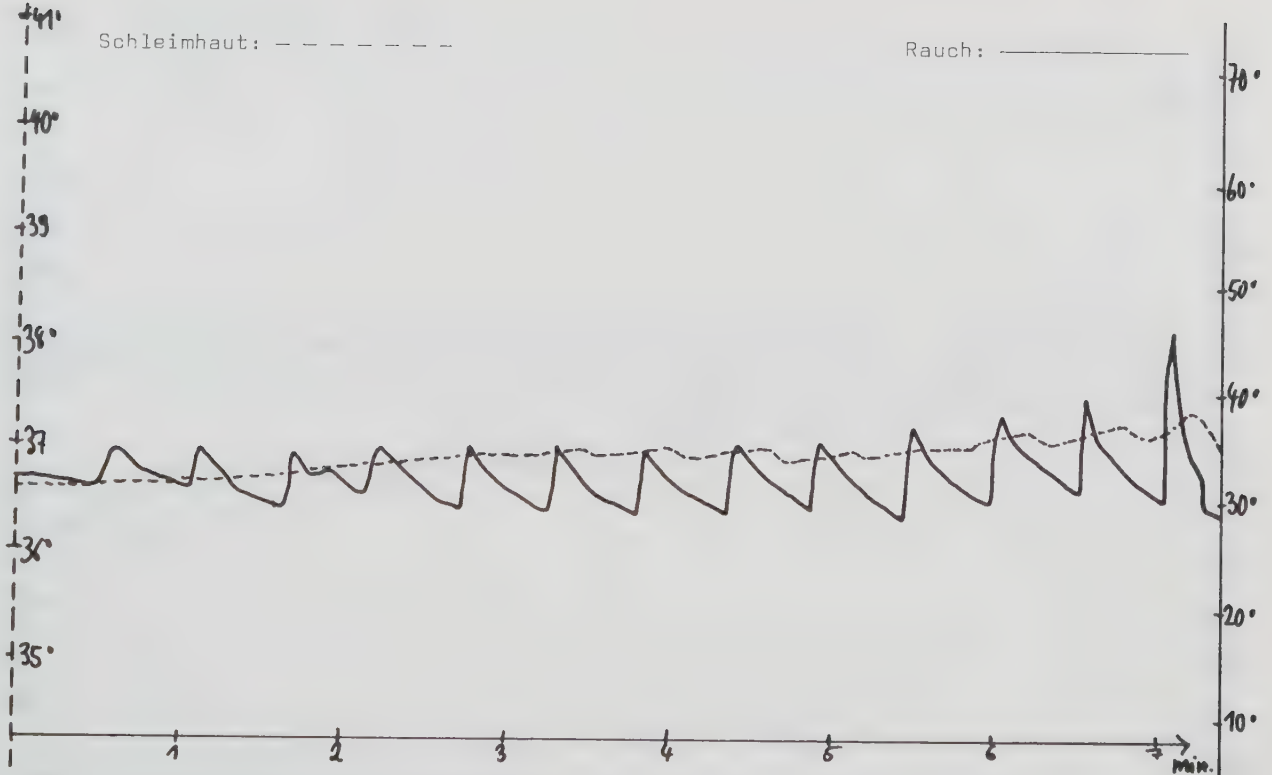


Abb. 22 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, Zigarette + Spitze.
Ohrtemperatur: 36,86°C

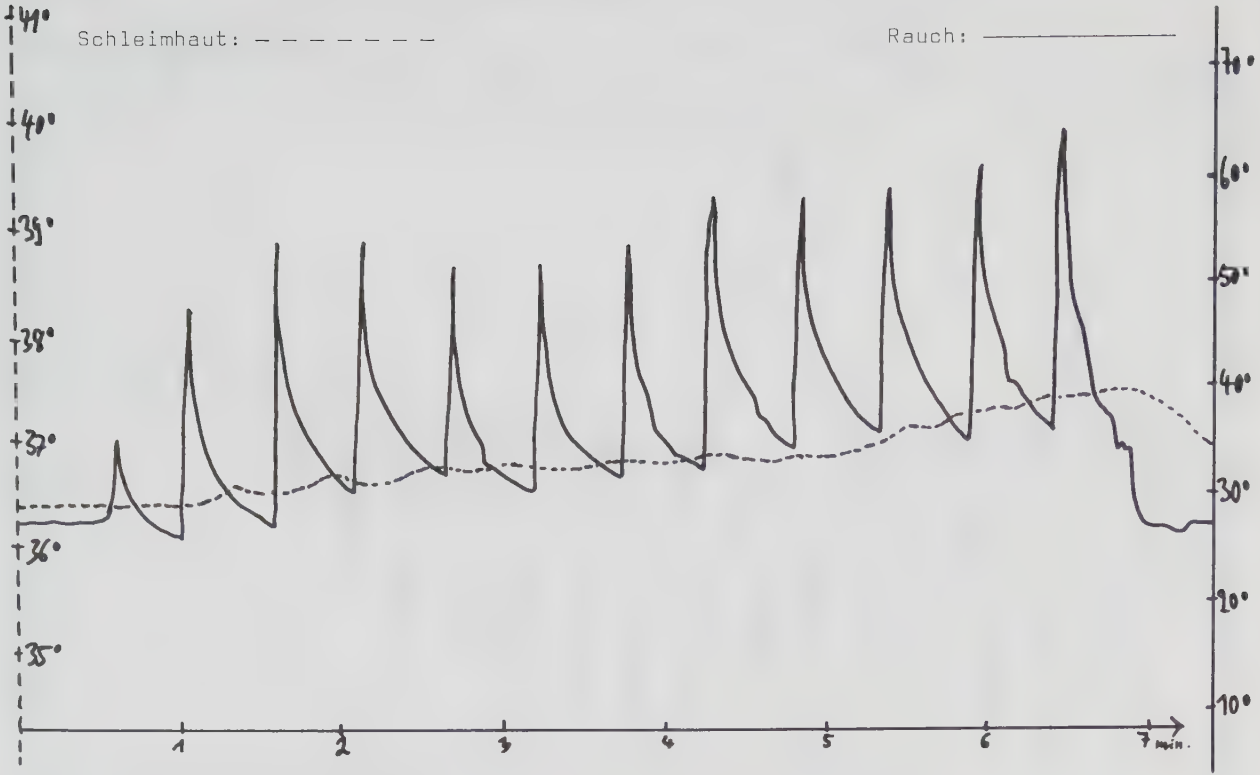


Abb. 23 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, Zigarillo.
Ohrtemperatur: 37,19°C

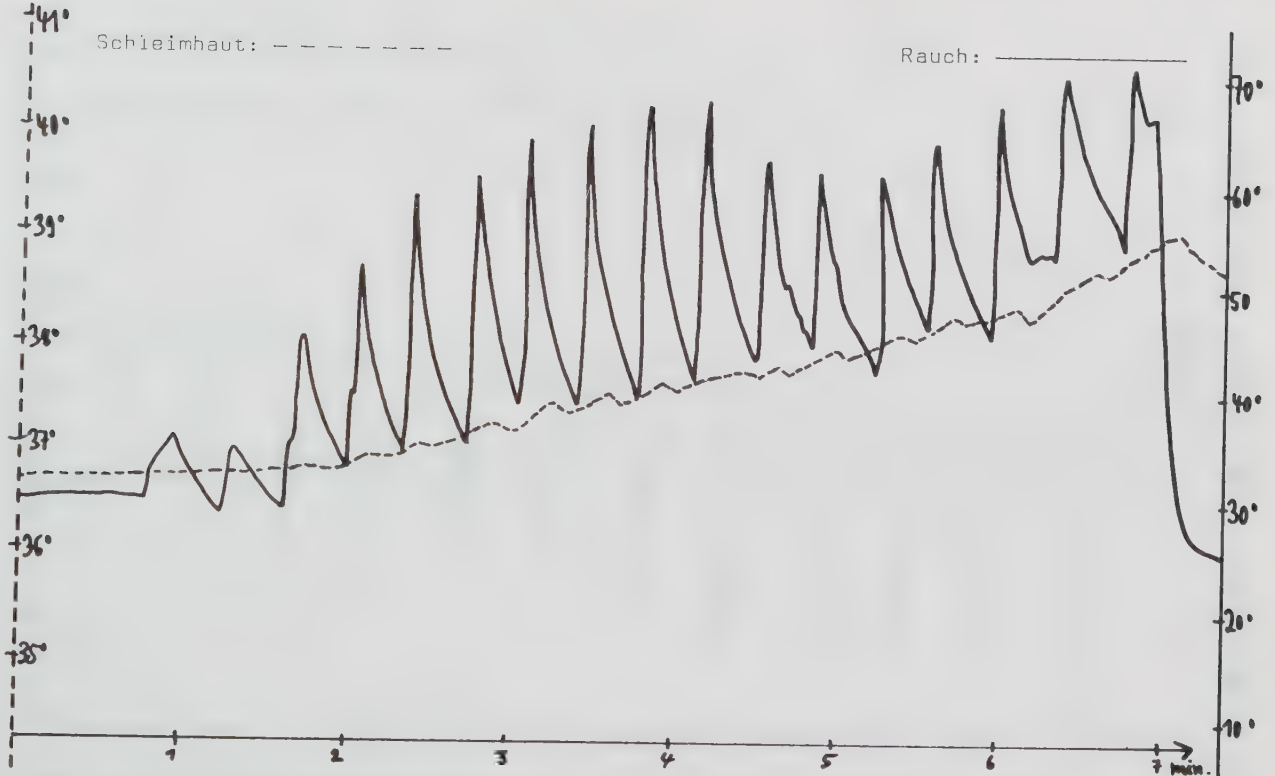


Abb. 24 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, Zigarre.
Ohrtemperatur: 36,73°C

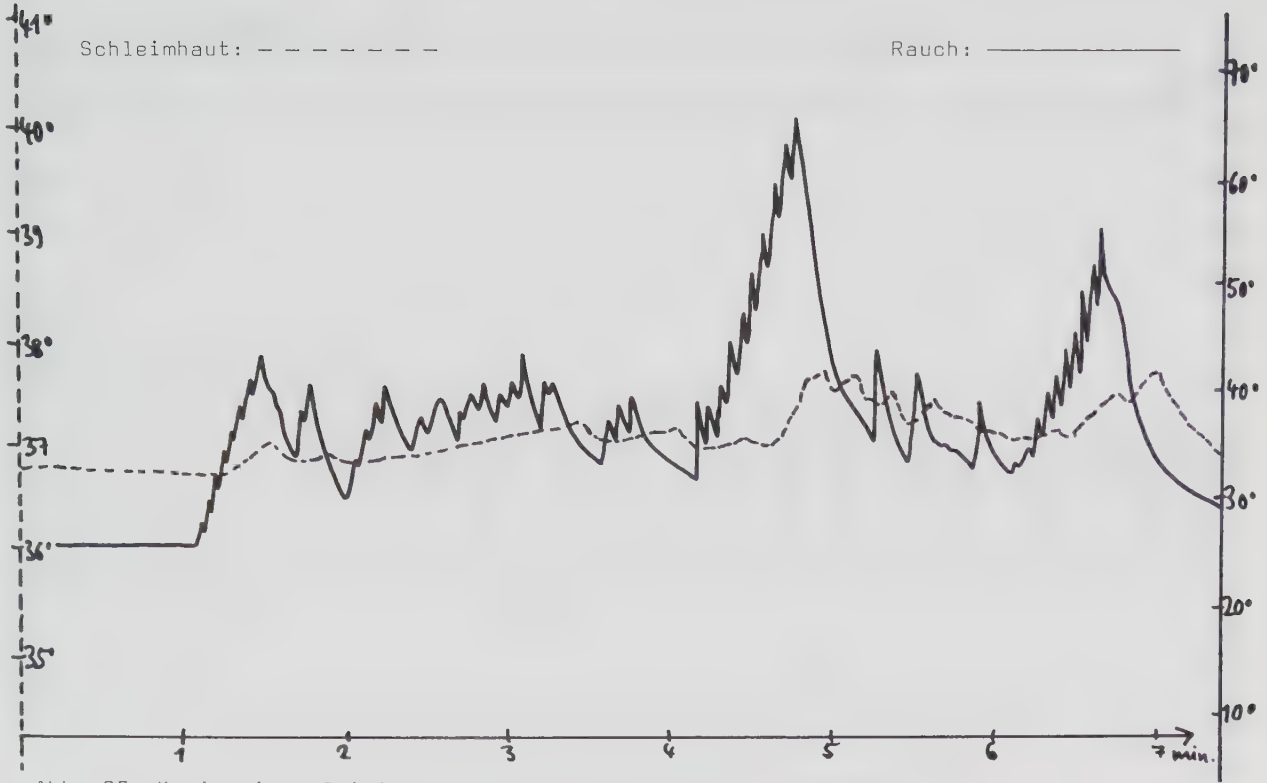


Abb. 25 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, Pfeife.
Ohrtemperatur: 37,12°C

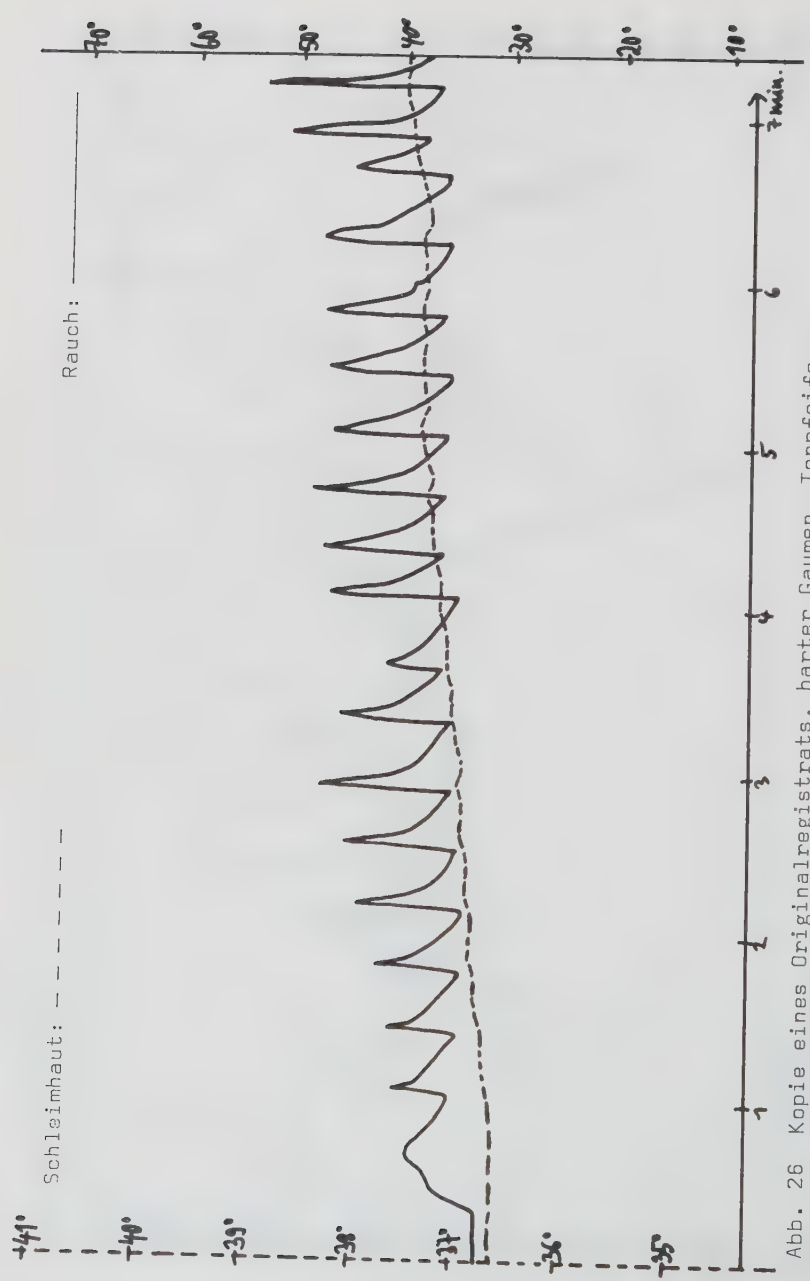


Abb. 26 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, Tonpfeife.
Ohrtemperatur: 36,86°C

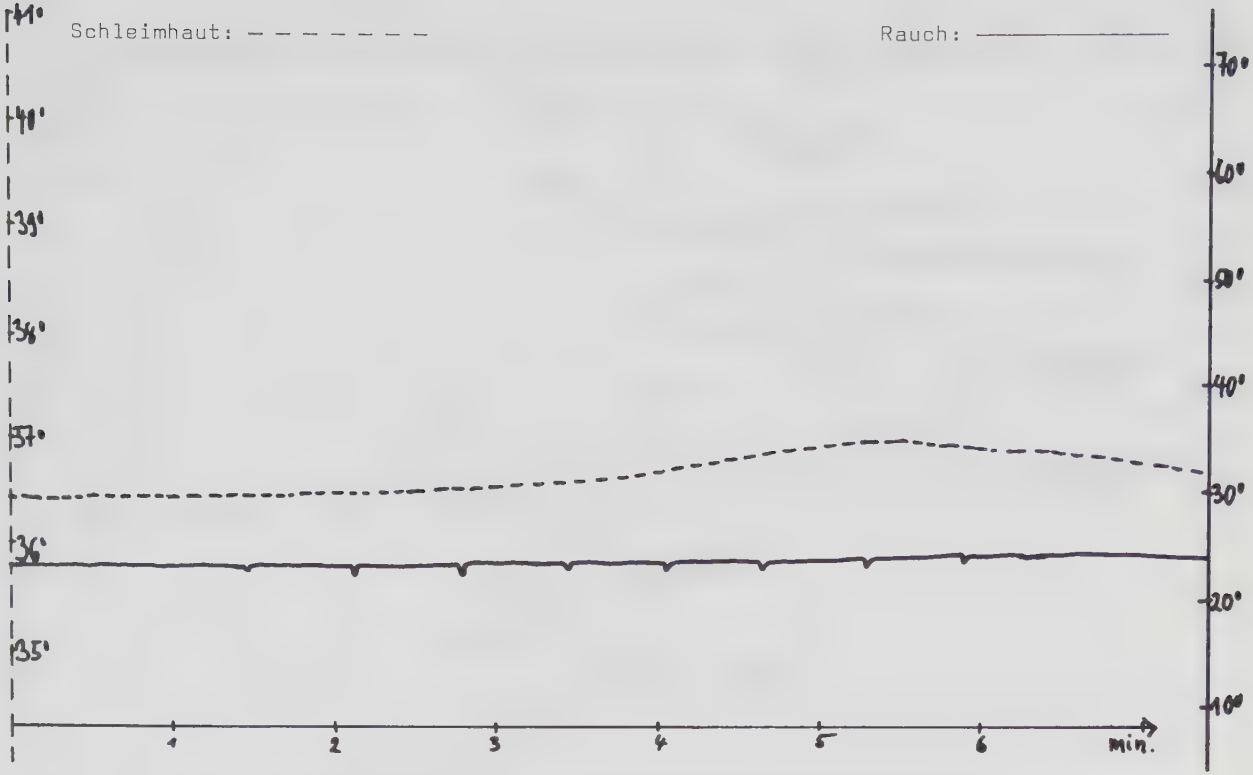


Abb. 27 Kopie eines Originalregistrats, harter Gaumen, Wasserpfeife. Ohrtemperatur: 36,88°C

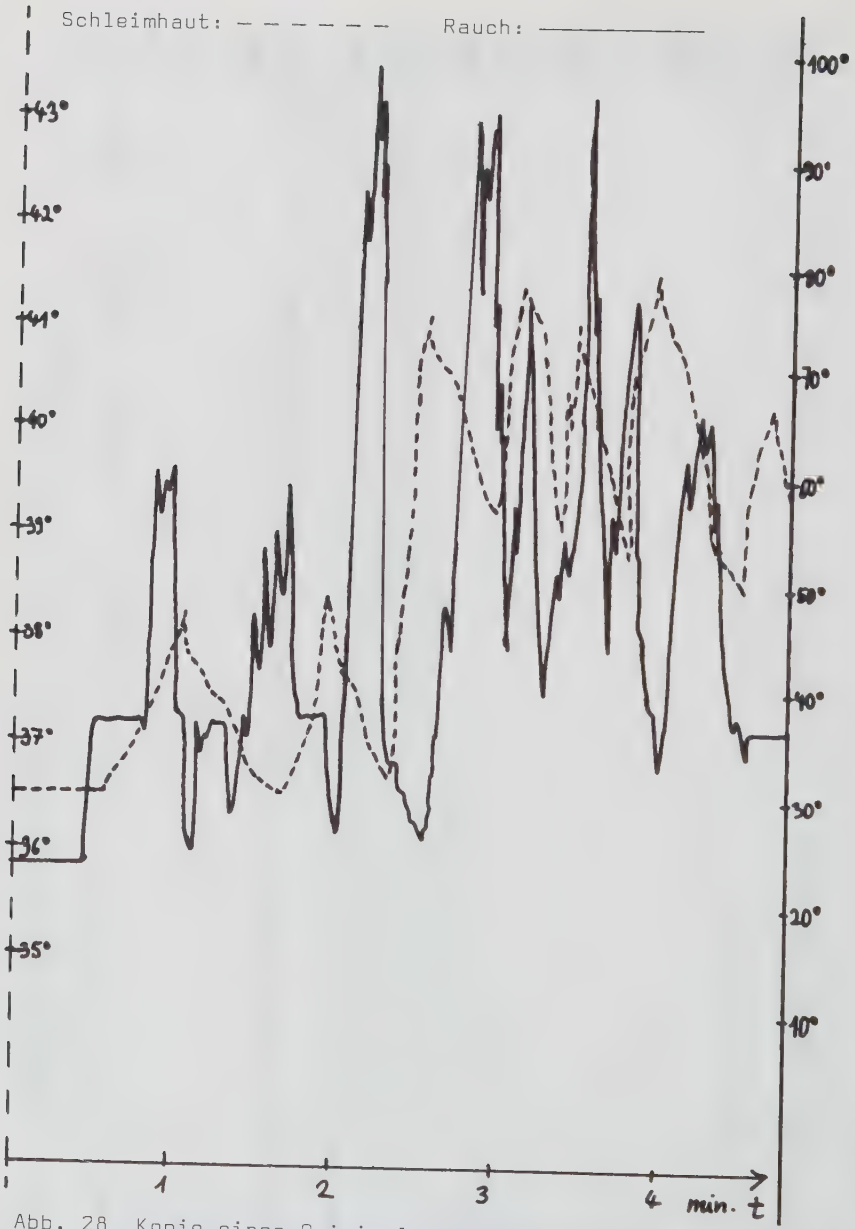


Abb. 28 Kopie eines Originalregistrats, Reverse Smoking. Ohrtemperatur: 37,31°C

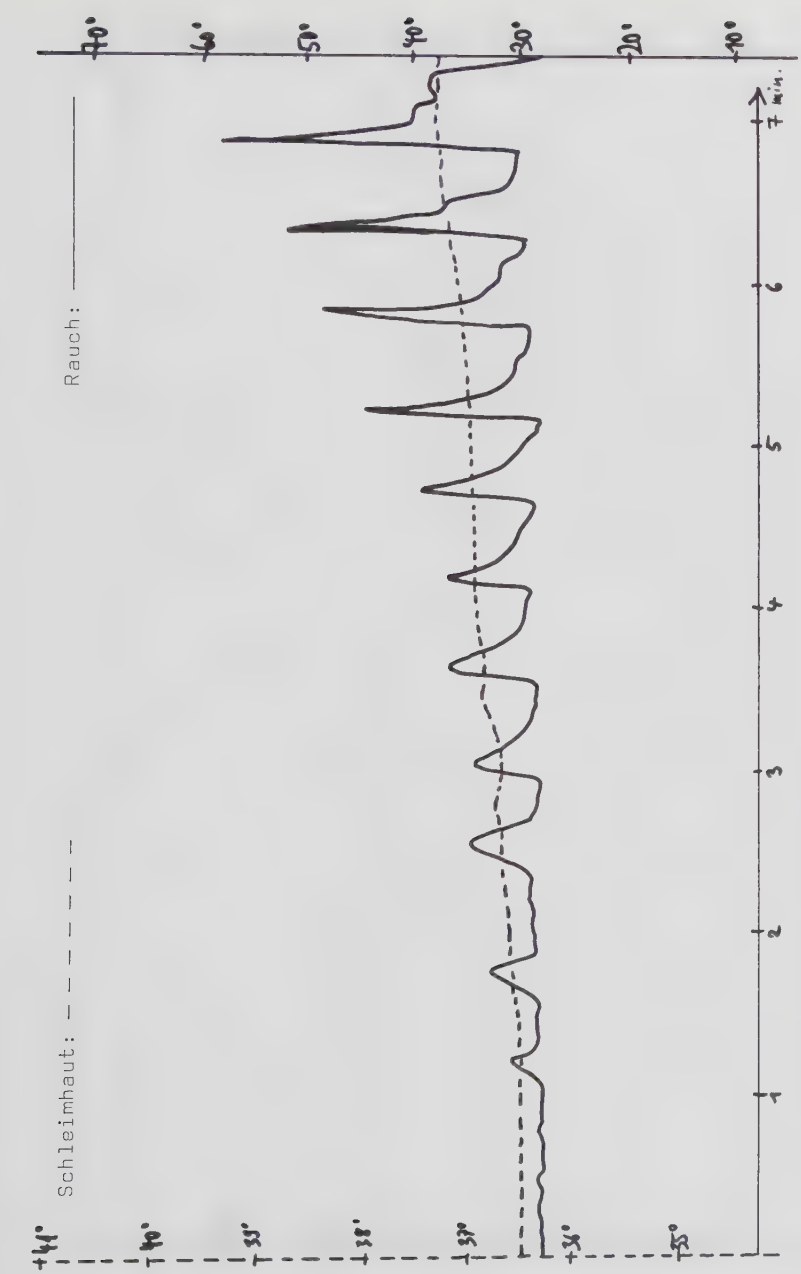


Abb. 29 Kopie eines Originalregistrats, weicher Gaumen, leichte Filterzigarette.
Ohrtemperatur: 37,06°C

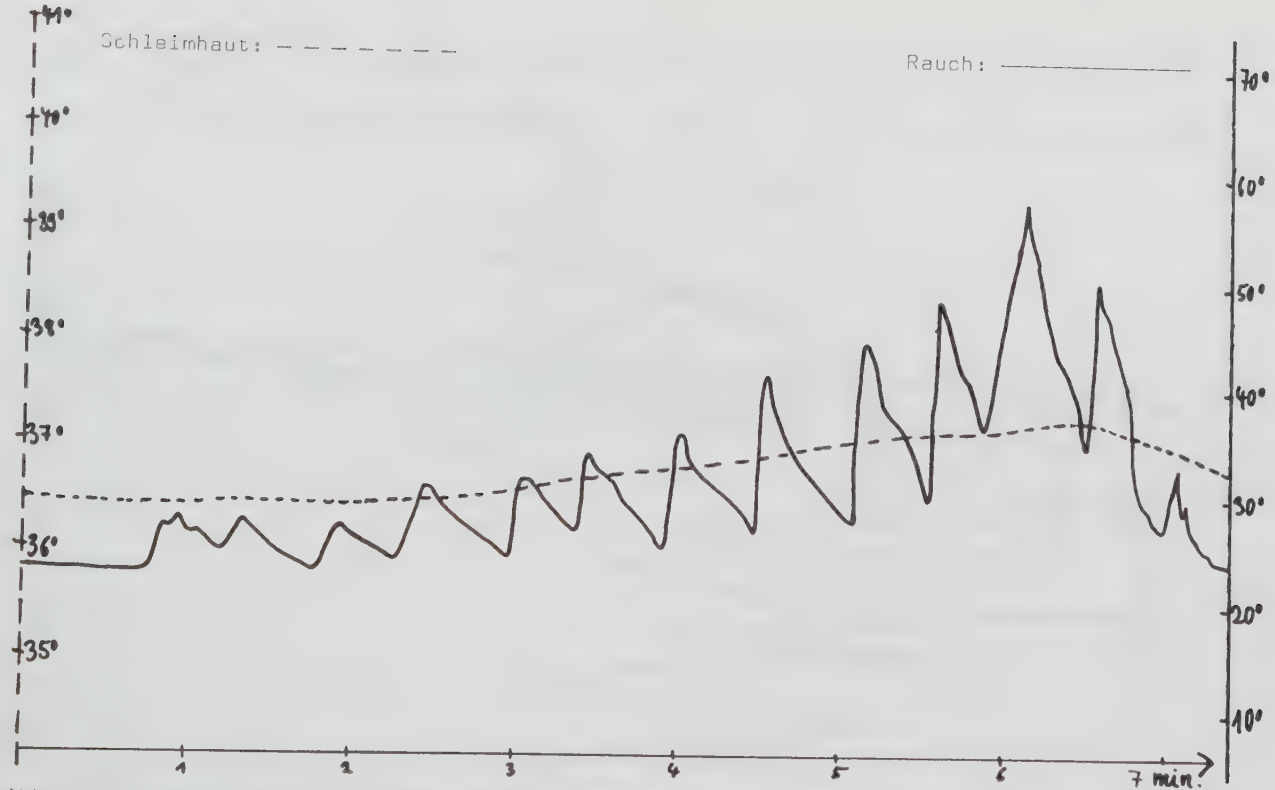


Abb. 30 Kopie eines Originalregistrats, weicher Gaumen, filterlose Zigarette. Ohrtemperatur: 36,84°C

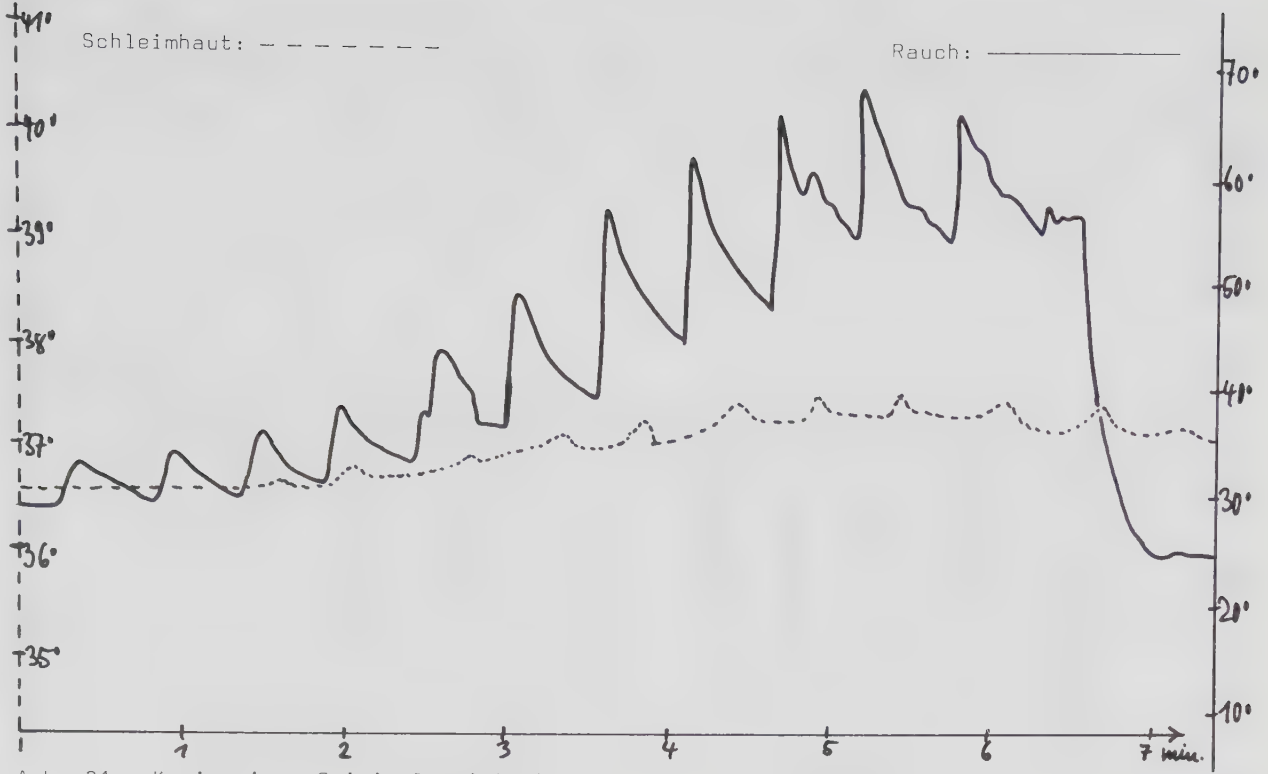


Abb. 31 Kopie eines Originalregistrats, weicher Gaumen, Zigarre. Ohrtemperatur: 36,84°C

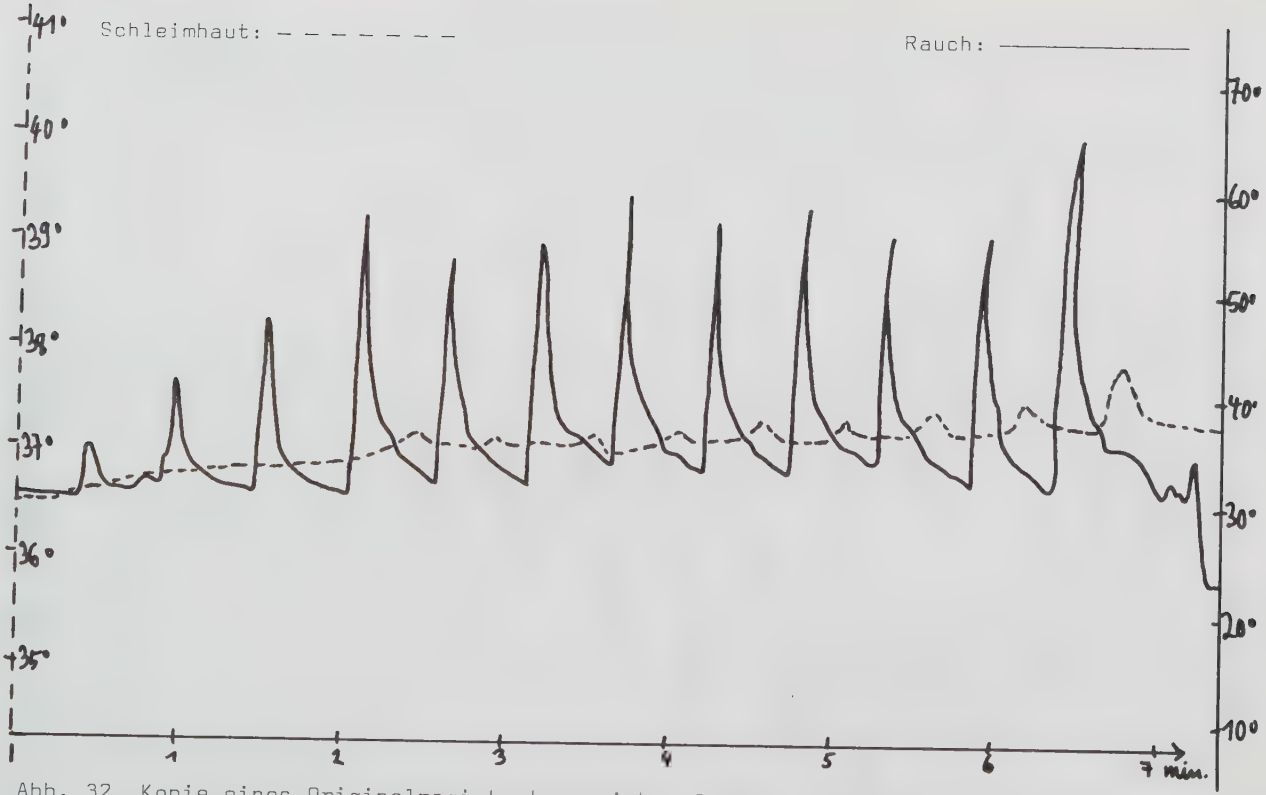


Abb. 32 Kopie eines Originalregistrats, weicher Gaumen, Zigarillo. Ohrtemperatur: 37,03°C

Harter Gaumen – Proband M.H.

Leichte Filterzigarette

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	21,2	36,88	30,43	37,05	46,74	36,67	36,87	36,89	36,94	28,98	35,02	47,88
2	21,4	36,98	33,40	35,54	50,80	36,09	36,09	36,48	36,72	33,02	39,91	54,04
3	20,5	36,75	31,75	40,64	54,61	36,14	36,50	36,65	36,83	29,28	39,87	49,56
4	21,4	36,73	31,56	41,76	47,88	36,87	36,87	37,17	37,51	32,24	36,55	48,76
5	22,5	36,68	32,76	43,50	58,40	36,72	36,72	36,83	36,97	31,24	37,25	52,43
6	22,8	36,78	30,43	42,62	47,74	36,37	36,40	36,57	36,87	28,73	34,20	52,67
7	21,2	36,46	29,76	40,72	52,48	36,89	36,92	37,19	37,55	30,04	35,68	54,30
8	21,5	37,01	30,75	41,78	49,23	36,38	36,41	36,61	36,86	29,59	35,97	51,68
9	22,0	36,34	31,20	40,94	57,75	36,34	36,38	36,75	37,05	30,98	36,21	47,44
10	20,8	36,70	28,65	39,57	51,24	36,02	36,00	36,47	36,80	29,74	34,80	48,65
ϕ	21,53	36,73	31,06	40,41	51,68	36,51	36,51	36,76	37,01	30,38	36,54	50,74
SB	2,3	0,67	4,75	7,96	11,01	0,87	0,92	0,72	0,75	4,92	5,71	6,86

Weicher Gaumen – Proband M.H.

Leichte Filterzigarette

1	20,4	36,84	28,10	35,72	48,42	36,76	36,52	36,64	37,12	28,66	36,44	48,16
2	21,5	36,82	29,98	37,81	55,42	36,60	36,17	36,30	37,47	29,76	37,05	51,77
3	21,2	36,75	31,07	38,96	51,55	36,27	36,27	36,58	36,76	29,14	35,96	53,48
4	22,3	36,73	29,86	42,16	49,77	36,67	36,65	36,91	37,14	31,10	35,44	46,67
5	22,3	37,10	30,42	40,89	55,68	36,61	36,61	36,78	36,98	30,82	36,15	46,88
6	21,4	36,62	31,58	41,17	59,42	36,53	36,60	36,74	37,05	30,96	36,72	47,20
7	21,2	36,80	32,14	41,87	48,76	36,48	36,40	36,62	36,88	31,74	37,22	47,95
8	20,8	36,72	30,15	42,63	49,10	36,39	36,39	36,50	36,75	29,66	36,44	48,25
9	20,9	36,84	29,77	41,74	50,22	36,77	36,75	36,98	37,21	28,76	36,07	51,72
10	21,7	36,69	32,74	40,58	53,76	36,50	36,50	36,70	36,89	29,15	36,98	53,19
ϕ	21,37	36,79	30,58	40,35	52,21	36,55	36,48	36,67	37,05	29,97	36,44	49,52
SB	1,5	0,48	4,64	6,44	11,0	0,50	0,58	0,68	0,72	3,08	1,78	6,81

Abb. 33

Harter Gaumen – Proband H.G.F.

Leichte Filterzigarette

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	22,5	37,19	35,63	43,20	55,64	36,84	36,92	37,00	37,05	29,15	36,74	46,20
2	21,4	37,01	30,48	40,64	56,70	36,55	36,55	36,76	36,95	31,18	36,22	47,83
3	22,3	37,33	32,38	43,18	56,51	36,52	36,54	37,02	37,35	33,26	35,96	48,92
4	22,3	37,56	29,2	41,91	58,42	36,74	36,74	36,95	37,35	28,67	34,20	46,96
5	20,8	36,88	34,29	44,45	61,59	36,83	36,63	37,29	37,58	30,86	35,87	49,56
6	20,7	37,01	31,75	41,27	61,97	36,96	37,05	37,27	37,40	29,55	36,70	50,00
7	21,5	37,15	31,45	46,82	60,95	36,45	36,45	36,88	37,25	29,68	35,12	51,78
8	21,5	37,29	33,20	45,12	56,70	36,82	36,92	36,98	37,21	29,78	34,98	53,07
9	22,2	36,88	32,15	42,11	57,44	36,52	36,52	36,91	37,25	30,05	34,88	47,62
10	20,9	36,93	29,86	40,97	59,10	36,56	36,60	37,06	37,41	31,17	35,17	49,08
ϕ	21,61	37,12	32,04	42,96	58,50	36,67	36,69	37,01	37,28	30,33	35,58	49,10
SB	1,8	0,68	6,42	6,18	6,33	0,51	0,60	0,53	0,63	2,51	2,54	6,87

Weicher Gaumen – Proband H.G.F.

Leichte Filterzigarette

1	21,5	37,06	31,75	39,56	55,03	36,86	36,93	37,04	37,19	30,06	35,96	48,00
2	21,5	37,15	31,00	40,50	56,55	36,58	35,98	36,80	37,08	31,26	36,40	48,74
3	22,3	37,19	31,77	41,22	59,20	36,61	36,65	37,10	37,51	30,78	36,47	49,20
4	22,1	37,56	33,53	42,35	59,12	36,84	36,84	37,09	37,23	29,38	36,07	53,28
5	20,0	37,30	31,20	42,76	58,17	36,58	36,60	36,92	37,12	29,76	37,21	51,77
6	20,7	37,28	32,15	41,14	56,12	36,77	36,77	37,08	37,32	30,44	36,57	50,89
7	20,3	36,92	31,12	42,95	60,27	36,30	36,35	36,61	36,95	30,76	36,28	51,64
8	21,5	37,38	30,81	42,71	53,86	36,84	36,85	37,13	37,42	29,17	36,85	52,48
9	22,5	37,49	34,30	41,82	53,20	36,48	36,52	36,74	36,99	29,86	36,80	49,58
10	20,8	37,25	32,18	42,24	56,72	36,65	36,70	36,95	37,27	30,47	36,05	46,99
ϕ	21,32	37,25	31,98	41,72	56,82	36,65	36,61	36,94	37,20	30,19	36,46	50,52
SB	2,5	0,64	3,49	3,39	7,07	0,56	0,95	0,52	0,56	2,09	1,25	6,29

Abb. 34

Harter Gaumen – Proband M.H.

Filterlose Zigarette

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	21,5	36,73	27,50	38,70	51,92	36,38	36,28	36,73	36,86	29,60	40,55	53,14
2	21,5	36,78	28,44	39,85	64,22	36,94	36,94	37,04	37,29	31,44	40,68	56,28
3	22,3	36,96	29,16	40,62	54,52	36,32	36,30	36,30	36,83	32,18	41,12	54,33
4	20,8	36,34	26,84	40,76	48,23	36,68	36,60	36,95	37,40	34,15	40,70	54,18
5	21,4	36,48	28,35	39,15	53,11	36,38	36,38	36,57	36,78	33,10	39,92	55,66
6	20,8	36,61	27,95	36,95	52,92	36,88	36,88	37,11	37,34	30,50	39,98	54,37
7	22,5	36,89	29,34	38,62	49,85	36,81	36,81	37,01	37,22	29,86	40,00	53,88
8	22,8	36,70	28,66	40,85	54,74	36,48	36,40	36,72	36,96	28,99	40,17	52,92
9	23,0	36,72	29,80	36,72	52,37	36,02	36,00	36,93	37,44	29,65	40,72	55,17
10	21,4	36,95	27,95	38,50	50,16	36,65	36,65	36,91	37,18	32,55	41,10	54,67
ϕ	21,8	36,71	28,39	39,07	51,40	36,55	36,52	36,85	37,13	31,20	40,49	54,46
SB	2,2	0,62	2,96	4,13	8,52	0,92	0,94	0,54	0,66	5,16	1,20	3,36

Weicher Gaumen – Proband H.M.

Filterlose Zigarette

1	22,4	37,39	29,16	35,02	46,92	36,35	36,43	36,59	36,69	30,78	41,12	56,34
2	21,3	36,84	29,37	40,80	56,20	36,71	36,71	36,97	37,10	31,20	40,56	54,15
3	20,8	36,92	27,89	38,70	46,42	36,30	36,20	36,46	36,66	33,02	40,00	54,61
4	22,2	36,84	29,00	37,75	54,19	35,95	35,90	36,00	36,12	29,68	39,85	52,14
5	21,7	37,04	29,33	37,17	49,88	36,48	36,40	36,64	36,86	29,70	40,17	54,22
6	20,8	36,93	30,12	36,80	51,38	36,25	36,25	36,35	36,44	30,25	40,26	55,82
7	20,8	36,68	29,56	37,73	52,10	36,50	36,50	36,67	36,78	32,80	39,80	51,38
8	21,4	36,70	28,26	38,52	51,17	36,34	36,34	36,55	36,66	31,74	40,72	54,92
9	21,4	36,64	27,55	37,19	53,84	36,72	36,70	36,85	37,02	30,84	40,21	53,65
10	22,3	36,71	29,12	38,22	51,82	36,02	36,02	36,44	36,67	33,20	40,68	53,66
ϕ	21,51	36,86	28,93	37,79	51,39	36,36	36,32	36,55	36,70	31,32	40,46	54,08
SB	1,6	0,75	2,57	5,78	9,78	0,77	0,81	0,97	0,98	3,52	1,32	4,96

Abb. 35

Harter Gaumen – Proband H.G.F.

Filterlose Zigarette

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	22,3	37,20	29,21	39,37	53,34	36,48	36,48	36,75	36,99	29,16	40,72	53,87
2	21,5	37,19	32,38	35,56	44,45	36,93	36,93	37,06	37,15	29,08	39,86	56,90
3	20,8	37,19	32,97	37,72	43,11	36,94	36,90	36,99	37,14	31,12	39,72	52,16
4	22,0	37,12	27,88	38,92	52,26	36,71	36,65	36,85	36,94	32,66	40,08	52,26
5	21,2	37,19	32,14	38,28	51,15	36,73	36,80	36,91	37,08	34,65	41,16	54,19
6	21,0	37,20	29,84	38,12	42,41	36,30	36,30	36,55	36,72	30,70	40,86	52,34
7	20,8	37,20	29,15	36,71	44,77	36,51	36,51	36,71	36,83	31,14	40,92	53,55
8	21,4	37,41	29,15	38,23	48,18	36,82	36,80	36,91	37,00	32,83	41,07	53,65
9	22,8	36,95	31,33	38,47	51,22	36,70	36,65	36,85	37,02	33,15	40,86	55,74
10	22,5	37,05	32,00	36,79	53,00	36,64	36,60	36,85	37,11	31,75	39,76	51,78
ϕ	21,63	37,17	30,60	37,81	49,08	36,67	36,66	36,84	36,89	31,62	40,50	53,64
SB	2,0	0,46	5,09	3,81	10,23	0,64	0,63	0,51	0,43	3,99	1,44	5,12

Weicher Gaumen – Proband H.G.F

Filterlose Zigarette

1	22,7	37,29	29,21	41,91	59,74	36,85	36,94	37,04	37,42	32,80	39,74	56,16
2	21,5	37,15	31,15	39,12	51,25	36,47	36,41	36,50	36,69	30,77	40,81	55,28
3	20,5	37,33	29,50	38,44	53,74	35,95	35,98	36,35	36,67	33,03	40,21	52,71
4	21,0	37,30	30,10	35,72	59,72	36,18	36,10	36,72	37,05	31,14	41,36	51,96
5	22,3	37,22	29,70	37,14	48,36	35,98	35,95	36,47	36,62	30,82	41,64	55,33
6	21,0	37,18	30,13	38,56	50,25	36,45	36,45	36,70	37,08	31,14	40,06	52,78
7	20,5	37,25	29,86	36,75	49,38	36,06	36,06	36,34	36,55	32,20	39,70	53,83
8	20,8	37,10	29,47	37,50	50,97	36,78	36,85	36,98	37,25	33,14	38,96	54,28
9	20,9	37,17	29,96	37,90	48,57	36,49	36,50	36,64	36,88	29,86	41,77	55,32
10	21,4	37,31	30,82	38,79	53,29	36,34	36,38	36,61	36,71	28,97	40,69	53,53
ϕ	21,26	37,23	29,99	38,21	52,52	36,35	36,36	36,63	36,89	31,38	40,49	54,11
SB	2,2	0,23	1,94	6,19	11,38	0,90	0,99	0,70	0,87	4,17	2,81	4,20

Abb. 36

Harter Gaumen – Proband M. H.

Filterlose Zigarette mit Denicoteafilter + Spitze

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	20,5	36,78	31,11	33,02	36,83	36,60	36,44	36,60	36,86	28,63	30,00	32,23
2	20,5	36,78	30,22	30,90	33,90	36,82	36,82	36,82	36,82	30,22	30,48	31,36
3	21,4	36,56	29,16	31,24	36,77	36,48	36,48	36,62	36,78	29,80	30,34	31,34
4	22,5	36,88	30,42	31,88	34,38	36,52	36,58	36,60	36,68	28,97	30,12	32,11
5	22,0	37,02	29,72	30,04	31,78	36,78	36,80	36,78	36,78	29,21	30,52	31,20
6	22,5	36,83	28,53	32,18	35,50	36,03	36,03	36,15	36,40	30,12	30,31	30,96
7	21,8	36,78	29,16	32,96	34,11	36,08	36,08	36,40	36,54	29,87	30,15	31,44
8	20,3	36,78	27,80	31,15	35,25	36,73	36,75	36,83	36,91	29,44	31,05	31,52
9	20,7	36,64	26,33	30,08	34,28	36,49	36,49	36,58	36,83	29,23	30,83	31,62
10	21,0	36,82	30,18	31,70	33,23	35,96	36,06	36,28	36,74	28,75	29,98	31,04
ϕ	21,32	36,78	29,26	31,51	38,02	36,45	36,45	36,56	36,73	29,42	30,38	31,48
SB	2,2	0,46	2,58	2,98	3,6	0,86	0,79	0,68	0,51	1,59	1,07	1,19

Harter Gaumen – Proband M.H.

Filterlose Zigarette nur mit Spitze

1	22,0	36,77	26,67	38,10	44,45	36,61	36,61	36,72	36,86	29,72	30,24	31,76
2	22,5	36,78	28,95	31,95	43,34	36,25	36,24	36,74	36,94	29,43	31,07	32,58
3	21,5	36,84	27,89	35,56	41,50	36,82	36,84	37,00	37,21	30,20	30,55	31,44
4	20,3	36,82	29,16	40,08	41,79	36,04	36,10	36,34	36,53	30,08	30,42	31,78
5	20,5	36,80	28,11	36,54	48,43	35,97	36,00	36,14	36,58	29,22	30,38	31,64
6	21,0	36,74	29,06	35,41	44,53	36,45	36,45	36,58	36,86	29,52	30,24	31,54
7	20,8	36,78	26,98	37,10	45,00	37,02	37,04	37,10	37,19	29,55	30,14	31,25
8	21,5	36,89	27,52	31,00	41,95	36,98	36,98	37,14	37,32	29,33	31,05	31,66
9	21,8	36,72	28,93	35,25	44,74	36,33	36,36	36,44	36,56	29,82	30,77	32,04
10	22,0	36,72	28,44	39,72	46,80	36,39	36,40	36,45	36,64	29,12	30,60	31,70
ϕ	21,39	36,78	28,17	36,07	41,25	36,48	36,50	36,66	36,86	29,59	30,54	31,73
SB	2,2	0,17	2,49	8,72	6,93	1,05	0,94	1,00	0,79	1,08	0,93	1,33

Abb. 37

Harter Gaumen — Proband H.G.F.

Filterlose Zigarette mit Denicoteafilter + Spitze

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	21,3	37,33	29,21	33,48	37,65	36,94	36,98	37,08	37,42	29,71	30,42	31,41
2	20,8	37,10	29,61	34,51	39,30	36,68	36,68	36,74	36,89	29,82	30,89	31,52
3	20,7	37,13	29,80	31,86	34,24	36,47	36,47	36,52	36,73	30,06	30,55	31,66
4	21,3	37,14	31,12	34,21	38,04	36,44	36,44	36,61	36,88	30,07	30,39	30,95
5	22,2	37,00	29,67	33,58	37,90	36,14	36,18	36,49	36,71	30,62	31,12	31,92
6	22,3	37,41	29,25	34,25	38,65	36,94	36,94	37,09	37,24	29,42	30,47	31,87
7	20,8	37,23	29,33	35,15	37,48	36,70	36,75	36,87	37,15	28,96	30,41	31,14
8	20,8	37,18	30,18	34,16	38,00	36,75	36,75	36,83	37,05	29,51	30,90	31,85
9	21,3	37,31	29,07	34,09	38,14	36,64	36,68	36,79	36,94	29,77	30,74	31,64
10	21,5	37,12	29,28	33,45	37,82	36,80	36,80	36,85	36,95	29,10	29,75	31,27
ϕ	21,3	37,19	29,65	33,87	37,72	36,65	36,66	36,78	36,99	29,70	30,56	31,52
SB	1,4	0,41	2,05	3,29	2,06	0,80	0,80	0,60	0,69	1,66	1,37	0,97

Harter Gaumen — Proband H.G.F.

Filterlose Zigarette nur mit Spitze

1	20,9	37,32	26,67	31,75	35,56	36,76	36,80	36,89	37,05	29,77	30,90	31,76
2	21,0	37,18	27,89	34,70	38,04	36,48	36,48	36,60	36,87	28,42	30,14	31,23
3	21,0	36,90	28,17	33,71	39,25	36,92	36,92	37,11	37,37	28,95	30,66	31,72
4	21,0	36,96	29,44	34,80	41,28	36,88	36,88	36,99	37,12	29,22	30,57	31,59
5	21,2	37,10	28,66	35,21	44,32	36,23	36,26	36,50	36,78	30,07	30,50	30,86
6	21,4	37,44	29,14	24,12	39,75	37,14	36,14	36,85	37,54	30,25	30,27	31,72
7	20,7	37,33	29,64	36,18	42,18	36,70	36,76	36,92	37,10	29,18	31,04	32,22
8	22,4	37,26	29,42	37,22	44,75	36,65	36,65	36,81	37,05	29,25	30,89	32,07
9	22,0	37,29	29,11	34,12	43,10	36,84	36,90	37,05	37,25	29,10	30,21	31,87
10	22,6	37,36	28,67	37,80	41,11	36,88	36,90	36,95	37,15	29,17	30,35	31,66
ϕ	21,42	37,21	28,68	34,96	40,93	36,74	36,66	36,86	37,12	29,33	30,55	31,67
SB	1,9	0,54	2,97	6,05	9,18	0,91	0,78	0,61	0,76	1,83	0,90	1,86

Abb. 38

Harter Gaumen – Proband M.H.

Zigarillo

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	22,0	36,86	27,94	45,99	63,50	36,34	36,28	36,54	36,73	29,77	35,55	42,78
2	22,0	37,01	29,84	44,99	64,80	37,01	37,15	37,40	37,84	30,12	36,17	41,58
3	21,4	36,82	31,50	43,50	55,00	36,29	36,30	36,58	36,87	31,15	36,03	41,22
4	21,6	36,64	29,70	44,98	63,15	36,45	36,45	36,59	37,84	30,74	35,78	40,75
5	21,7	36,92	25,50	44,61	63,40	36,35	36,35	36,71	36,85	29,65	35,96	42,86
6	22,0	37,01	30,15	45,76	64,65	36,11	36,20	36,40	36,67	30,15	36,18	43,25
7	22,0	36,50	29,57	41,17	58,12	36,61	36,65	36,99	37,44	31,20	36,27	43,11
8	22,3	36,74	28,65	44,25	62,60	36,50	36,55	36,85	37,15	30,75	36,40	42,76
9	22,3	36,92	30,20	44,12	57,18	36,48	36,48	36,72	36,95	30,15	36,52	42,55
10	22,4	36,75	31,76	43,76	64,82	36,44	36,50	36,65	36,85	30,87	36,73	42,07
ϕ	21,97	36,81	29,48	44,31	61,72	36,45	36,49	36,74	37,12	30,45	36,15	42,29
SB	1,0	0,51	6,26	4,82	9,82	0,90	0,95	1,00	1,11	1,55	1,18	2,50

Weicher Gaumen – Proband M.H.

Zigarillo

1	22,6	36,92	33,90	44,45	55,60	36,30	36,39	36,50	36,63	30,01	35,67	42,66
2	22,8	36,73	32,66	45,76	62,13	36,15	36,15	36,31	36,45	31,15	36,82	41,82
3	20,8	36,83	30,82	45,11	63,21	36,30	36,30	36,53	36,70	32,72	36,44	43,20
4	21,2	36,85	31,97	42,20	59,17	36,83	36,83	36,98	37,15	32,31	35,33	43,14
5	21,2	36,96	32,86	41,79	58,62	36,72	36,75	36,83	36,98	31,99	35,87	40,58
6	21,4	37,01	31,77	42,13	60,88	36,46	36,44	36,61	36,71	30,76	36,74	41,55
7	21,6	36,72	30,25	44,37	61,56	36,28	36,32	36,54	36,82	31,92	35,95	42,75
8	21,8	36,85	29,90	45,92	62,77	36,58	36,60	36,65	36,71	30,24	36,12	41,45
9	21,2	36,85	30,17	44,80	61,34	36,66	36,70	36,87	37,10	29,76	37,01	40,77
10	20,7	36,59	31,15	44,95	60,68	36,29	36,29	36,39	36,58	30,00	35,98	42,34
ϕ	21,53	36,83	31,63	44,14	60,59	36,45	36,47	36,62	36,78	31,08	36,19	42,02
SB	2,1	0,42	4,00	4,13	7,61	0,57	0,68	0,67	0,70	2,96	1,68	2,62

Abb. 39

Harter Gaumen – Proband H.G.F.

Zigarillo

Nr	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	20,0	37,19	30,86	42,29	71,12	37,00	36,92	37,06	37,71	30,05	35,20	40,70
2	21,0	37,01	29,84	46,99	66,80	37,01	37,15	37,27	37,63	29,78	36,17	42,38
3	21,4	37,25	30,04	45,47	71,00	36,98	36,98	37,14	37,55	31,15	36,00	43,48
4	21,8	37,07	30,10	42,86	68,66	36,68	36,74	37,20	37,53	30,74	35,82	40,82
5	20,3	37,10	29,89	43,11	69,72	36,80	36,80	37,05	37,38	30,70	35,95	43,15
6	20,0	36,89	29,95	45,76	67,56	36,58	36,58	37,01	37,10	30,14	36,72	42,86
7	21,4	37,59	30,00	45,70	70,54	36,52	36,58	36,71	37,05	29,90	36,15	43,92
8	21,8	37,38	30,05	40,89	69,83	36,70	36,78	37,10	37,38	30,55	37,05	42,57
9	22,2	37,15	29,75	43,72	68,70	36,44	36,44	36,67	36,90	30,66	36,50	43,44
10	22,4	37,14	31,23	44,25	65,99	36,23	36,30	36,56	36,95	31,10	35,98	41,98
ϕ	21,23	37,17	30,17	44,10	68,99	36,69	36,72	36,97	37,32	30,47	36,15	42,53
SB	2,4	0,70	1,48	6,10	5,13	0,78	0,85	0,71	0,81	1,37	1,85	3,22

Weicher Gaumen – Proband H.G.F.

Zigarillo

1	22,0	36,87	33,02	44,45	64,92	36,49	36,27	37,06	37,21	30,80	37,33	45,17
2	22,4	37,14	31,75	46,99	60,96	36,74	36,70	36,88	37,05	32,17	35,20	41,14
3	21,8	37,24	30,50	43,12	61,25	36,68	36,68	36,75	37,12	30,50	36,18	42,30
4	20,4	37,08	31,77	44,19	64,52	36,44	36,48	36,75	37,09	29,72	37,08	42,86
5	20,8	37,15	30,82	44,82	64,68	36,50	36,50	36,71	36,86	30,12	35,32	43,10
6	21,2	37,25	29,78	43,55	62,14	36,94	36,94	37,10	37,32	30,75	36,85	45,35
7	21,0	36,95	31,92	41,28	59,87	36,86	36,90	37,08	37,22	31,26	35,20	40,89
8	22,1	37,08	29,72	40,66	59,62	36,70	36,80	36,98	37,13	30,82	36,44	43,78
9	22,0	37,19	29,43	41,17	60,90	36,67	36,72	36,89	37,05	31,15	37,15	42,33
10	20,5	37,34	30,08	42,35	62,35	36,68	36,68	37,05	37,45	30,08	34,95	44,12
ϕ	21,42	37,13	30,87	43,26	62,12	36,67	36,66	36,92	37,15	30,73	36,17	43,10
SB	1,9	0,47	3,59	6,33	5,30	0,50	0,67	0,35	0,59	2,45	2,38	4,46

Abb. 40

Harter Gaumen – Proband M.H.

Zigarre

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	20,8	36,34	31,22	42,00	69,72	35,69	35,43	36,40	37,40	30,48	41,37	59,21
2	21,7	36,78	32,38	45,08	67,50	36,52	35,74	36,55	37,85	30,00	40,20	60,42
3	20,3	36,68	31,24	45,67	77,50	36,72	36,35	37,86	37,40	29,75	42,30	58,72
4	23,1	36,90	30,56	43,40	84,76	36,52	36,10	37,78	38,19	31,14	40,68	59,34
5	22,4	36,75	30,87	42,27	65,94	36,28	35,82	37,10	37,47	30,74	39,43	60,20
6	23,2	36,70	31,49	46,95	80,60	36,48	36,06	37,05	37,59	30,12	42,18	59,87
7	22,8	36,90	31,65	44,83	76,93	36,53	36,10	37,48	37,74	29,86	43,16	58,63
8	20,9	36,95	30,26	43,16	75,18	36,65	36,31	37,81	37,92	30,05	43,80	60,33
9	21,4	36,72	30,77	40,96	66,83	36,92	36,50	38,09	38,12	31,10	40,06	61,20
10	21,8	36,82	30,89	41,48	70,14	36,14	35,74	37,25	37,51	31,15	41,76	58,32
ϕ	21,84	36,75	31,33	43,58	73,51	36,44	36,01	37,33	37,72	30,43	41,49	59,62
SB	2,9	0,61	2,12	5,99	18,82	1,23	1,07	1,69	0,79	1,40	4,37	2,88

Weicher Gaumen – Proband M.H.

Zigarre

1	21,4	36,84	33,18	43,50	66,20	36,71	36,71	36,84	36,97	30,41	39,67	61,75
2	21,5	36,84	30,68	44,75	70,57	36,71	36,65	37,10	37,46	31,52	40,80	60,24
3	20,7	36,92	31,15	45,67	76,23	36,50	36,30	36,89	37,42	32,54	39,76	59,77
4	20,7	36,75	30,72	42,80	64,82	36,44	36,21	36,73	37,12	30,56	40,79	58,72
5	21,4	36,78	32,00	43,11	75,60	36,74	36,57	36,87	37,38	29,76	41,15	59,68
6	21,3	36,80	31,65	42,48	70,42	36,58	36,25	36,97	37,52	31,14	40,80	62,18
7	22,3	36,74	30,98	40,37	62,76	36,46	36,40	36,75	37,11	29,82	41,27	61,33
8	23,1	36,84	30,59	43,72	71,71	36,21	36,07	36,51	36,95	30,56	42,11	60,25
9	22,3	36,68	31,14	43,65	77,60	36,84	36,56	37,05	37,44	30,87	40,82	61,08
10	21,9	37,14	31,70	44,92	80,88	36,55	36,08	36,86	37,29	31,14	44,76	60,88
ϕ	21,66	36,83	31,37	43,49	71,78	36,57	36,38	36,85	37,26	30,83	41,19	60,58
SB	2,4	0,46	2,59	5,30	16,06	0,63	0,64	0,59	0,57	2,78	5,0	3,46

Abb, 41

Harter Gaumen – Proband H.G.F.

Zigarre

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	20,6	37,15	31,11	41,27	73,66	36,72	36,59	37,04	38,11	29,76	39,70	60,82
2	20,8	37,01	32,44	40,23	71,20	36,70	35,58	36,81	38,70	29,95	39,78	55,67
3	21,4	34,47	31,57	45,67	64,76	36,58	36,45	37,12	39,61	33,21	42,12	52,86
4	21,6	37,10	30,24	50,62	80,89	37,24	37,04	37,95	40,44	31,25	38,62	51,65
5	22,4	37,05	31,50	48,60	65,04	36,20	36,20	36,89	38,97	30,70	38,79	53,78
6	22,6	37,65	30,28	47,14	69,63	36,32	36,25	37,22	38,99	31,15	40,73	62,82
7	22,2	37,48	30,76	40,86	70,52	36,46	36,40	37,17	38,61	31,82	41,58	60,73
8	22,6	37,20	29,90	42,30	75,00	36,58	36,58	37,43	38,62	32,70	40,80	54,82
9	21,8	36,93	30,87	40,79	71,32	36,72	36,59	37,33	38,94	31,43	39,61	52,76
10	21,4	37,15	31,15	42,76	66,92	36,65	36,60	37,09	39,08	30,69	38,72	53,63
ϕ	21,74	37,21	30,98	44,02	70,89	36,61	36,42	37,20	39,01	31,26	40,04	55,95
SB	2,0	0,72	2,54	10,39	16,13	1,04	1,46	1,14	2,33	3,45	2,96	11,17

Weicher Gaumen – Proband H.G.F.

Zigarre

1	20,2	37,24	30,48	44,60	62,58	36,87	36,71	36,87	37,63	33,20	40,27	50,87
2	20,1	37,15	32,21	42,80	68,72	36,74	36,61	36,99	37,37	32,00	38,23	51,76
3	22,5	37,05	31,50	44,10	64,39	36,85	36,59	37,01	37,29	30,78	37,96	54,25
4	21,8	37,44	31,70	45,23	59,45	36,50	36,32	36,92	37,52	29,66	37,25	55,76
5	20,7	37,15	30,86	40,82	68,47	36,50	36,40	36,71	37,03	30,14	40,15	52,16
6	21,4	37,16	31,14	43,75	65,82	36,55	36,50	36,87	37,39	31,97	39,86	51,75
7	21,4	37,10	30,19	40,14	69,33	36,66	36,49	36,95	37,52	30,86	38,77	53,86
8	20,9	37,46	31,20	40,75	72,74	36,92	36,80	37,19	37,88	30,14	36,99	52,72
9	21,4	37,20	29,95	39,89	79,40	36,83	36,45	37,11	37,75	30,08	37,95	51,86
10	21,5	37,18	30,17	42,79	66,78	36,14	36,00	36,70	37,60	29,56	38,47	53,77
ϕ	21,19	37,21	30,94	42,18	67,77	36,65	36,48	36,92	37,43	30,83	38,59	52,87
SB	2,4	0,41	2,26	5,34	16,82	0,78	0,80	0,49	0,85	3,64	3,28	4,89

Abb. 42

Harter Gaumen – Proband M.H.
Pfeife

Nr..	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	21,7	26,44	29,21	41,43	54,61	36,72	36,68	36,92	39,50	29,86	35,78	52,72
2	20,4	36,80	30,86	39,71	66,71	36,62	36,50	36,90	37,37	28,77	37,80	53,12
3	20,8	36,74	30,50	39,80	65,11	36,48	36,48	36,72	37,20	27,69	35,67	52,77
4	21,2	36,51	29,88	40,13	59,67	36,50	36,40	36,73	37,12	28,90	36,92	51,08
5	21,2	37,08	30,37	41,13	58,13	36,54	36,30	36,91	37,33	28,75	36,90	50,56
6	23,1	36,96	30,72	41,99	60,17	36,48	36,48	36,84	37,41	29,78	37,14	51,13
7	21,7	36,87	31,44	40,68	61,44	36,72	36,65	37,09	37,55	29,45	37,48	52,86
8	20,4	36,85	30,85	40,89	62,10	36,26	36,30	36,70	37,15	30,15	37,95	52,41
9	22,2	36,90	30,52	41,34	58,71	36,84	36,84	37,26	37,69	29,82	36,88	52,00
10	20,7	36,85	29,87	41,70	55,32	36,50	36,55	37,10	37,52	28,90	36,97	52,85
ϕ	21,34	36,80	30,42	40,88	60,19	36,56	36,51	36,91	37,38	29,23	36,94	52,15
SB	2,7	0,62	1,65	2,28	12,10	0,58	0,38	0,56	0,57	2,19	2,17	2,56

Harter Gaumen – Proband M.H.
Tonpfeife

1	20,7	37,15	31,70	41,06	47,64	36,76	36,81	36,99	37,15	30,73	38,10	45,72
2	21,4	36,94	30,29	40,34	49,71	36,48	36,38	36,86	37,27	29,34	36,87	44,67
3	21,4	36,69	29,78	40,87	56,71	36,42	36,42	37,05	37,54	28,77	37,20	43,60
4	22,0	36,75	30,67	41,16	54,17	36,52	36,52	36,85	37,13	28,10	36,85	44,25
5	20,2	36,88	31,15	40,86	52,00	36,74	36,80	37,00	37,21	28,82	38,19	44,71
6	20,8	36,95	30,80	41,25	50,71	36,88	36,80	37,21	37,45	29,58	38,00	43,70
7	21,0	37,01	30,55	40,67	52,77	36,29	36,30	36,49	36,71	28,34	37,61	43,22
8	21,7	36,86	31,15	40,11	53,84	36,33	36,33	36,61	36,92	30,04	37,12	44,90
9	22,4	36,92	29,78	39,85	55,20	36,60	36,50	36,76	36,99	29,55	36,70	45,63
10	22,0	36,86	29,96	39,49	51,37	36,71	36,65	36,90	37,13	28,92	36,66	46,12
ϕ	21,36	36,90	30,58	40,56	52,41	36,57	36,55	36,87	37,15	29,21	37,33	44,65
SB	2,2	0,46	1,92	1,76	9,07	0,59	0,51	0,72	0,83	2,63	1,53	2,52

Abb. 43

Harter Gaumen – Proband H.G.F.

Pfeife

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	21,4	37,12	29,29	38,10	55,72	36,61	36,73	36,86	37,38	29,66	35,67	51,80
2	21,7	36,93	31,75	41,91	60,80	36,97	36,84	37,03	37,45	30,70	36,82	52,14
3	20,6	37,15	30,50	39,60	51,20	36,11	36,00	36,50	37,15	30,14	39,62	52,51
4	20,6	37,54	30,10	40,55	61,90	36,32	36,32	36,72	37,45	29,71	37,11	53,08
5	21,4	37,11	29,76	43,17	54,52	36,62	36,68	36,95	37,30	29,62	38,73	51,17
6	21,8	37,05	30,17	44,50	61,15	36,92	36,92	37,38	39,02	29,58	37,61	52,25
7	22,2	37,51	31,20	42,10	61,51	36,78	36,84	37,86	38,37	30,10	35,84	52,77
8	22,2	37,03	30,14	41,85	62,34	36,61	36,55	37,08	37,59	30,71	34,13	50,95
9	20,2	37,12	29,78	42,18	55,84	36,74	36,75	37,12	37,49	29,21	37,88	51,43
10	20,4	37,25	29,62	41,75	59,13	36,70	36,75	37,17	37,51	28,96	37,15	52,69
ϕ	21,55	37,18	30,23	41,57	64,66	36,63	36,63	37,16	37,67	29,84	37,05	52,08
SB	2,0	0,61	2,46	6,40	11,14	0,86	0,86	1,36	1,87	1,75	5,49	2,13

Harter Gaumen – Proband H.G.F.

Tonpfeife

1	21,7	37,33	29,21	38,10	49,53	36,70	36,70	37,07	37,44	27,92	36,98	46,74
2	21,7	36,98	30,72	39,86	54,81	36,52	36,50	37,21	37,88	28,34	37,58	44,43
3	20,8	37,12	31,15	39,55	46,22	36,89	36,79	37,24	37,65	30,04	37,68	45,10
4	20,6	37,20	30,88	40,61	51,80	36,48	36,54	36,81	37,12	29,72	37,96	46,00
5	21,3	37,34	29,91	39,75	50,14	36,84	36,90	37,00	37,39	28,14	36,44	45,73
6	21,3	37,28	30,07	41,17	52,12	36,68	36,68	36,91	37,13	28,72	36,32	44,80
7	22,6	37,18	31,10	40,57	50,99	36,79	36,80	37,11	37,47	29,12	37,08	45,11
8	21,7	37,20	30,75	41,33	53,11	36,87	36,87	37,16	37,51	29,67	36,85	45,66
9	22,4	37,18	30,67	40,82	52,56	37,04	37,10	37,40	37,86	30,14	36,76	45,90
10	22,3	37,14	31,17	40,45	49,98	36,75	36,70	37,13	37,51	29,46	37,90	44,93
ϕ	21,64	37,19	30,56	40,22	51,13	36,75	36,75	37,09	37,49	29,13	37,15	45,44
SB	1,8	0,36	1,96	3,23	8,59	0,56	0,60	0,59	0,76	2,22	1,58	2,31

Abb. 44

Harter Gaumen – Proband M.H. – Wasserpfeife

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	21,5	37,56	26,67	26,67	26,67	36,13	36,00	36,35	36,65	–	–	–
2	21,3	37,01	26,52	26,52	26,59	36,98	36,07	36,29	36,29	–	–	–
3	20,8	36,90	25,99	26,00	26,09	36,04	36,12	36,23	36,23	–	–	–
4	23,1	36,62	24,99	25,10	25,36	36,39	36,39	36,65	36,71	–	–	–
5	22,3	36,68	25,95	26,00	26,07	36,76	36,76	36,82	36,95	–	–	–
ϕ	21,8	36,95	25,84	26,06	26,15	36,46	36,27	36,46	36,56	–	–	–
SB	2,3	0,94	1,68	1,57	1,31	0,42	0,76	0,59	0,66	–	–	–

Harter Gaumen – Proband M.H. – Mentholzigarette

1	21,6	36,70	30,72	41,63	51,70	36,72	36,72	36,83	36,94	31,50	36,70	49,12
2	21,7	36,82	29,82	40,15	52,34	36,54	36,50	36,62	36,76	31,27	37,23	51,22
3	22,2	36,75	31,74	41,84	53,74	36,42	36,45	36,54	36,65	29,56	36,16	50,48
4	22,4	36,85	30,28	42,20	48,79	36,46	36,54	36,59	36,81	29,82	36,44	48,73
5	21,3	36,69	30,72	40,17	49,88	36,49	36,50	36,55	36,72	30,15	36,78	49,67
ϕ	21,84	36,76	30,65	41,19	51,29	36,52	36,54	36,62	36,77	30,46	36,66	49,84
SB	1,1	0,16	1,92	2,05	4,95	0,40	0,27	0,28	0,29	1,94	1,07	2,55

Harter Gaumen – Proband M.H. – Reverse Smoking

1	20,9	37,20	–	–	100,33	36,54	–	–	39,80	–	–	–
2	21,3	36,70	–	–	88,90	36,60	–	–	39,41	–	–	–
3	22,0	36,65	–	–	99,06	36,33	–	–	40,45	–	–	–
4	22,3	37,05	–	–	96,52	36,70	–	–	41,23	–	–	–
5	21,7	36,95	–	–	97,88	36,34	–	–	39,28	–	–	–
ϕ	21,64	36,91	–	–	96,53	36,50	–	–	40,03	–	–	–
SB	1,4	0,55	–	–	11,43	0,37	–	–	1,95	–	–	–

Abb. 45

Harter Gaumen — Proband H.G.F. — Wasserpfeife

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3
1	22,8	37,55	26,03	26,67	26,67	36,64	36,68	37,03	37,29	–	–	–
2	22,4	37,88	24,79	24,79	24,79	36,36	36,10	36,23	36,36	–	–	–
3	21,5	36,88	22,86	22,86	22,86	36,36	36,30	36,36	36,44	–	–	–
4	21,0	36,93	26,03	26,03	26,03	36,85	35,89	36,08	36,15	–	–	–
5	22,7	37,33	26,35	25,40	26,03	36,96	36,68	37.13	37,29	–	–	–
ϕ	22,08	37,91	24,09	25,15	25,36	36,63	36,33	36,85	36,91	–	–	–
SB	1,8	1,00	3,49	3,81	3,81	0,60	0,79	1,05	1,14	–	–	–

Harter Gaumen — Proband H.G.F. — Mentholzigarette

1	21,3	37,12	31,20	41,21	58,67	36,59	36,59	36,81	37,10	30,49	37,05	48,79
2	22,3	36,92	30,41	40,83	56,22	36,70	36,75	36,93	37,22	31,27	36,55	49,64
3	21,0	37,28	30,08	42,10	55,73	36,84	36,84	37,08	37,31	30,28	36,92	49,28
4	20,8	37,49	31,74	41,44	56,81	36,72	36,72	36,94	37,17	29,90	37,00	50,23
5	21,7	37,50	29,90	40,73	51,74	36,55	36,60	36,87	37,09	30,65	36,57	51,07
ϕ	21,42	37,26	30,66	41,26	55,83	36,68	36,70	36,92	37,17	30,51	36,81	49,80
SB	1,5	0,58	1,84	1,37	6,93	0,29	0,25	0,27	0,22	1,37	0,50	1,79

Harter Gaumen — Proband H.G.F. — Reverse Smoking

1	22,3	37,81	–	–	102,71	37,02	–	–	43,71	–	–	–
2	21,0	36,89	–	–	97,78	37,10	–	–	41,15	–	–	–
3	22,4	37,40	–	–	92,56	36,98	–	–	40,81	–	–	–
4	21,5	37,10	–	–	106,80	36,86	–	–	39,49	–	–	–
5	20,8	36,98	–	–	92,86	36,02	–	–	38,97	–	–	–
ϕ	21,54	37,29	–	–	98,54	36,79	–	–	40,82	–	–	–
SB	1,6	0,92	–	–	14,24	1,08	–	–	4,74	–	–	–

Abb. 46

Harter Gaumen — Proband M.H. — Heißluft

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3
1	21,7	36,92	–	–	55,35	36,65	–	–	36,16
2	21,8	36,82	–	–	54,30	36,43	–	–	35,95
3	22,0	36,78	–	–	53,65	36,53	–	–	36,02
4	22,0	37,01	–	–	54,60	36,51	–	–	35,87
ϕ	21,87	36,88	–	–	54,47	36,53	–	–	36,00
SB	0,3	0,23	–	–	1,7	0,22	–	–	0,29

Zungenrücken — Proband M.H. — Leichte Filterzigarette

1	22,2	36,82	29,16	37,84	65,94	36,58	36,56	36,64	36,76
2	22,3	36,75	30,15	40,08	55,79	36,43	36,45	36,67	36,81
3	21,9	36,90	31,24	41,67	58,69	36,49	36,49	36,60	36,71
4	22,4	36,70	29,86	36,53	53,71	36,48	36,48	36,57	36,68
ϕ	22,2	36,79	30,10	39,03	58,53	36,49	36,49	36,62	36,74
SB	0,5	0,2	2,08	5,14	12,23	0,15	0,11	0,10	0,13

Zungenrücken — Proband M.H. — Filterlose Zigarette

1	20,9	36,70	27,86	34,88	51,18	36,72	36,72	36,81	36,95
2	21,4	36,80	28,19	32,71	49,66	36,53	36,55	36,63	36,71
3	21,5	36,76	28,55	35,98	52,74	36,45	36,50	36,61	36,70
4	22,7	36,71	29,14	40,74	54,37	36,45	36,45	36,52	36,63
ϕ	21,62	36,74	28,43	36,07	51,98	36,53	36,55	36,64	36,74
SB	1,8	0,10	1,28	8,03	4,71	0,27	0,27	0,29	0,32

Abb. 47

Harter Gaumen – Proband H.G.F. – Heißluft

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3
1	21,7	36,90	–	–	54,50	36,72	–	–	36,08
2	20,7	37,08	–	–	53,26	36,64	–	–	36,33
3	20,4	37,10	–	–	54,76	36,58	–	–	36,20
4	21,5	37,15	–	–	53,88	36,69	–	–	36,46
ϕ	21,07	37,05	–	–	54,10	36,65	–	–	36,27
SB	1,3	0,25	–	–	1,50	0,14	–	–	0,38

Zungenrücken – Proband H.G. F. – Leichte Filterzigarette

1	21,2	36,99	28,78	35,66	55,76	36,84	36,84	36,94	37,05
2	21,2	37,43	29,98	38,21	53,34	36,57	36,57	36,74	36,89
3	20,9	37,30	30,15	32,90	54,66	36,72	36,74	36,83	37,00
4	21,4	36,96	29,78	42,86	55,17	36,69	36,75	36,86	36,95
ϕ	21,17	37,17	29,67	37,40	54,73	36,70	36,72	36,84	36,97
SB	0,5	0,47	1,37	9,96	2,42	0,27	0,27	0,20	0,16

Zungenrücken – Proband H.G.F. – Filterlose Zigarette

1	21,3	37,23	31,63	37,50	44,45	36,79	36,79	36,84	36,99
2	21,4	37,18	30,87	38,56	48,12	36,51	36,51	36,59	36,68
3	22,5	37,15	32,05	41,70	52,96	36,60	36,65	36,72	36,84
4	21,5	37,33	31,87	43,85	55,28	36,74	36,74	36,83	36,95
ϕ	21,67	37,22	31,60	40,40	50,20	36,66	36,67	36,74	36,86
SB	1,2	0,18	1,18	6,35	10,83	0,28	0,28	0,25	0,31

Abb. 48

Zungenrücken – Proband M.H. – Zigarillo

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3
1	20,4	36,77	30,65	41,70	58,32	36,48	36,48	36,70	36,92
2	20,6	36,71	29,77	42,25	56,13	36,44	36,45	36,63	36,96
3	20,8	36,83	30,24	44,32	57,24	36,58	36,65	36,78	37,06
4	21,5	37,05	30,56	43,65	61,15	36,50	36,50	36,70	36,94
ϕ	20,82	36,84	30,30	42,98	58,21	36,50	36,52	36,70	36,97
SB	1,1	0,34	0,88	2,62	5,02	0,14	0,20	0,15	0,14

Zungenrücken – Proband M.H. – Pfeife

1	21,5	36,70	30,60	42,87	64,23	36,42	36,40	36,71	37,06
2	21,4	36,85	29,87	41,74	62,15	36,26	36,20	36,53	36,81
3	20,8	36,90	31,20	41,80	62,08	36,34	36,40	36,64	36,98
4	21,0	36,72	29,58	40,17	65,73	36,52	36,52	36,89	37,10
ϕ	21,17	36,79	30,31	41,64	63,54	36,38	36,38	36,69	36,98
SB	0,7	0,20	1,62	2,70	3,65	0,26	0,32	0,36	0,29

Zungenspitze – Proband M.H. – Filterzigarette

1	20,8	36,80	29,62	41,70	53,26	36,22	36,28	36,47	36,79
2	21,3	36,92	30,48	40,85	54,15	36,38	36,40	36,54	36,82
3	22,0	36,65	32,19	41,16	58,34	36,62	36,62	36,83	37,01
4	22,0	36,73	31,10	40,89	56,80	36,47	36,50	36,75	36,92
ϕ	21,52	36,77	30,84	41,15	55,63	36,42	36,45	36,64	36,88
SB	1,2	0,27	2,57	0,85	5,08	0,40	0,34	0,36	0,22

Abb. 49

Zungenrücken — Proband H.G.F. — Zigarillo

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3
1	20,5	37,20	29,73	45,65	70,28	36,70	36,70	36,97	37,21
2	21,3	37,38	28,96	44,21	65,78	36,65	36,60	36,87	37,12
3	22,0	37,14	29,53	44,76	55,75	36,82	36,85	37,14	37,38
4	22,3	36,91	30,34	42,83	58,66	36,63	36,63	36,84	37,07
ϕ	21,52	37,15	29,64	44,36	62,61	36,70	36,69	36,95	37,19
SB	1,8	0,47	1,38	2,82	14,53	0,19	0,25	0,30	0,31

Zungenrücken — Proband H.G.F. — Pfeife

1	20,8	37,13	29,51	40,22	66,57	36,62	36,62	37,00	37,41
2	21,3	37,35	30,84	39,76	61,82	36,56	36,60	36,94	37,28
3	21,4	37,40	30,32	39,80	59,68	36,70	36,65	36,95	37,26
4	20,9	37,11	30,88	40,79	64,97	36,74	36,74	36,89	37,14
ϕ	21,10	37,24	30,38	40,14	63,26	36,65	36,65	36,94	37,27
SB	0,6	0,29	1,37	1,03	6,89	0,18	0,14	0,11	0,27

Zungenspitze — Proband H.G.F. — Filterzigarette

1	21,3	36,95	30,60	41,80	48,19	36,53	36,55	36,65	36,78
2	22,8	37,05	31,14	40,67	54,38	36,74	36,74	36,83	36,91
3	22,0	37,38	31,28	40,25	59,66	36,79	36,79	36,87	37,01
4	22,2	37,27	30,55	40,92	57,72	36,69	36,75	36,75	36,84
ϕ	22,07	37,16	30,89	40,91	54,98	36,68	36,70	36,77	36,88
SB	1,5	0,43	0,73	1,55	11,47	0,26	0,24	0,22	0,23

Abb. 50

Planum buccale – Proband M.H. – Filterzigarette

Nr.	ZT	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3
1	21,8	36,60	29,66	40,82	59,73	36,52	36,62	36,75	37,02
2	22,5	36,88	30,12	40,09	55,82	36,71	36,75	36,87	37,18
3	22,0	36,92	29,72	41,35	54,71	36,49	36,49	36,70	36,95
4	21,3	36,74	30,66	42,75	56,20	36,45	36,45	36,58	36,77
ϕ	21,9	36,78	30,04	41,25	56,66	36,54	36,57	36,72	36,98
ŚB	1,2	0,32	1,00	2,66	5,02	0,26	0,30	0,29	0,41

Planum buccale – Proband H.G.F. – Filterzigarette

1	20,8	37,12	31,70	43,22	62,13	36,78	36,75	36,88	37,27
2	21,2	37,08	30,81	41,68	59,83	36,48	36,48	36,65	36,90
3	21,0	37,24	31,55	40,88	57,78	36,55	36,60	36,72	36,98
4	22,2	37,31	30,27	40,25	56,21	36,67	36,67	36,90	37,14
ϕ	21,3	37,18	31,08	41,51	58,98	36,62	36,62	36,78	37,07
SB	1,4	0,23	1,43	2,97	5,92	0,30	0,27	0,25	0,37

Abb. 51

Harter Gaumen – Durchschnittswerte

Rauchmodus	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3	Probanden
Leichte Filterzigarette	36,73	31,06	40,41	51,68	36,51	36,51	36,76	37,01	30,38	36,54	50,74	Proband M.H.
	37,12	32,04	42,96	58,50	36,67	36,69	37,01	37,28	30,33	35,58	49,10	Proband H.G.F.
Leichte Filterzigarette mit Menthol	36,76	30,65	41,19	51,29	36,52	36,54	36,62	36,77	30,46	36,66	49,84	Proband M.H.
	37,26	30,66	41,26	55,83	36,68	36,70	36,92	37,17	30,51	36,81	49,80	Proband H.G.F.
Filterlose Zigarette	36,71	28,39	39,07	51,40	36,55	36,52	36,85	37,13	31,20	40,49	54,46	Proband M.H.
	37,17	30,60	37,81	49,08	36,67	36,66	36,84	36,89	31,62	40,50	53,64	Proband H.G.F.
Filterlose Zigarette mit Denicotea Filter	36,78	29,26	31,51	38,02	36,45	36,45	36,56	36,73	29,42	30,38	31,48	Proband M.H.
	37,19	29,65	33,87	37,72	36,65	36,66	36,78	36,99	29,70	30,56	31,52	Proband H.G.F.
Filterlose Zigarette mit Spitze	36,78	28,17	36,07	44,25	36,48	36,50	36,66	36,86	29,59	30,54	31,79	Proband M.H.
	37,21	28,68	34,96	40,93	36,74	36,66	36,86	37,12	29,33	30,55	31,67	Proband H.G.F.
Zigarillo mit Mundstück	36,81	29,48	44,31	61,72	36,45	36,49	36,74	37,12	30,45	36,15	42,29	Proband M.H.
	37,17	30,17	44,10	68,99	36,69	36,72	36,97	37,32	30,47	36,15	42,53	Proband H.G.F.
Zigarre	36,75	31,33	43,58	73,51	36,44	36,01	37,33	37,72	30,43	41,49	59,62	Proband M.H.
	37,39	30,98	44,02	70,89	36,61	36,42	37,20	39,01	31,26	40,04	55,95	Proband H.G.F.
Pfeife	36,80	30,42	40,88	60,19	36,56	36,51	36,91	37,38	29,23	36,94	52,15	Proband M.H.
	37,18	30,23	41,57	64,66	36,63	36,63	37,16	37,67	29,84	37,05	52,08	Proband H.G.F.
Tonpfeife	36,90	30,58	40,56	52,41	36,57	36,55	36,87	37,15	29,21	37,33	44,65	Proband M.H.
	37,19	30,56	40,22	51,13	36,75	36,75	37,09	37,49	29,13	37,15	45,44	Proband H.G.F.
Wasserpfeife	36,95	25,84	26,06	26,15	36,46	36,27	36,46	36,56	–	–	–	Proband M.H.
	37,31	24,09	25,15	25,36	36,63	36,33	36,85	36,91	–	–	–	Proband H.G.F.
Reverse Smoking	36,91	–	–	96,53	36,50	–	–	40,03	–	–	–	Proband M.H.
	37,29	–	–	98,54	36,79	–	–	40,82	–	–	–	Proband H.G.F.
Heißluft	36,88	–	–	54,47	36,53	–	–	36,00	–	–	–	Proband M.H.
	37,05	–	–	54,10	36,65	–	–	36,27	–	–	–	Proband H.G.F.

Abb. 52

Weicher Gaumen – Durchschnittswerte

Rauchmodus	OT	R_1	R_2	R_3	SH_0	SH_1	SH_2	SH_3	F_1	F_2	F_3	Probanden
Leichte	36,79	30,58	40,35	52,21	36,55	36,48	36,67	37,05	29,97	36,44	49,52	Proband M.H.
Filterzigarette	37,25	31,98	41,72	56,82	36,65	36,61	36,94	37,20	30,19	36,46	50,52	Proband H.G.F.
Filterlose	36,86	28,93	37,79	51,39	36,36	36,32	36,55	36,70	31,32	40,46	54,08	Proband M.H.
Zigarette	37,23	29,99	38,21	52,52	36,35	36,38	36,63	36,89	31,38	40,49	54,11	Proband H.G.F.
Zigarre	36,83	31,37	43,49	71,78	36,57	36,38	36,85	37,26	30,83	41,19	60,58	Proband M.H.
	37,21	30,94	42,48	67,77	36,65	36,48	36,92	37,43	30,83	38,59	52,87	Proband H.G.F.
Zigarillo	36,83	31,63	44,14	60,59	36,45	36,47	36,62	36,78	31,08	36,19	42,02	Proband M.H.
	37,13	30,87	43,26	62,12	36,67	36,66	36,92	37,15	30,73	36,17	43,10	Proband H.G.F.
Zungenrücken – Durchschnittswerte												
Leichte	36,74	28,43	36,07	51,98	36,53	36,55	36,64	36,74	–	–	–	Proband M.H.
Filterzigarette	37,17	29,67	37,40	54,73	36,70	36,72	36,84	36,97	–	–	–	Proband H.G.F.
Filterlose	36,74	28,43	36,07	51,98	36,53	36,55	36,64	36,74	–	–	–	Proband M.H.
Zigarette	37,22	31,60	40,40	50,20	36,66	36,67	36,74	36,86	–	–	–	Proband H.G.F.
Pfeife	36,79	30,31	41,64	63,54	36,38	36,38	36,69	36,98	–	–	–	Proband M.H.
	37,24	30,38	40,14	63,26	36,65	36,65	39,94	37,27	–	–	–	Proband H.G.F.
Zigarillo	36,84	30,30	42,98	58,21	36,50	36,52	36,70	36,97	–	–	–	Proband M.H.
	37,15	29,64	44,36	62,61	36,70	36,69	36,95	37,19	–	–	–	Proband H.G.F.
Zungenspitze – Durchschnittswerte												
Leichte	36,77	30,84	41,15	55,63	36,42	36,45	36,64	36,88	–	–	–	Proband M.H.
Filterzigarette	37,16	30,89	40,91	54,98	36,68	36,70	36,77	36,88	–	–	–	Proband H.G.F.
Planum buccale – Durchschnittswerte												
Leichte	36,78	30,04	41,25	56,66	36,54	36,57	36,72	36,98	–	–	–	Proband M.H.
Filterzigarette	37,18	31,09	41,51	58,98	36,62	36,62	36,78	37,07	–	–	–	Proband H.G.F.

Abb. 53

Anmerkung: Die benutzten Tabakwaren sind in Kapitel 4.1.19 aufgeführt.

5. D I S K U S S I O N

5.1. Die Rauchtemperaturen

Wie die Ergebnisse zeigen, sind die Rauchtemperaturen der verschiedenen Tabakartikel unterschiedlich hoch.

Die Rauchtemperatur ist von mehreren Faktoren abhängig. Wie L a m (53) zeigt, hat bereits die Tabaksorte Einfluß auf die Temperatur der Glut und des Rauches. Ferner ist der Stopfdruck, mit dem eine Zigarette, eine Zigarre, ein Zigarillo oder eine Pfeife gestopft wurde, die Schnittbreite des Tabaks und der Weg, den der Rauch bis zum Mund zurücklegen muß, von großer Bedeutung. Pfeifentabake sind oft grob geschnitten und produzieren einen kühleren Rauch und eine kühlere Glut als feingeschnittene Zigarettentabake (53).

Was den Rauchweg anbelangt, ist die Wasserpfeife optimal. Der Rauch muß die langen Schläuche passieren, in unserem Experiment Glasrohre (s. Abb. 18), und wird zusätzlich noch im Wasser gekühlt und gereinigt.

Während der Rauch der filterlosen Zigarette gegen Ende des Rauchvorgangs eine Temperatur von 50°C hatte, konnten wir mit der aufgesetzten Spitze, welche lediglich eine Verlängerung des Rauchwegs darstellt, nur noch 42°C feststellen.

Bei der Zigarre und dem Zigarillo, aber auch bei der filterlosen Zigarette, sind die Rauchwege kurz, da keine Filter vorhanden sind. Der fast 20°C ausmachende Rauchtemperaturunterschied zwischen Zigarillo und Zigarre einerseits und filterloser Zigarette andererseits, ist durch den unterschiedlichen Stopfdruck und den damit verbundenen unterschiedlich starken Zugwiderstand erklärbar. Die Zigarre und das Zigarillo sind maschinell extrem hart gestopft. Der Raucher muß fest ziehen und entfacht eine heftige Glut, die wiederum heißen Rauch produziert. Die filterlose Zigarette

dagegen ist locker gestopft. Besonders gilt dies für selbstgedrehte Zigaretten. Da der Zugwiderstand dadurch minimal ist, bleiben Glut- und Rauchtemperatur relativ niedrig.

Ein weiterer Faktor, der die Rauchtemperatur beeinflußt, ist der Durchmesser des Tabakartikels, da dieser gleichzeitig den Durchmesser der Glut darstellt. Je größer die Glut ist, desto heißer wird der Rauch. Vom Querschnitt her betrachtet, sind die Zigarre und die Pfeife besonders ungünstig, was sich in ihren hohen Rauchtemperaturen niederschlägt. Die Tonpfeife kann nur deshalb so günstig abschneiden, weil sie aufgrund ihres Materials die Hitze besser nach außen abgibt, als das Bruyère der normalen Pfeife.

Als entscheidender Faktor für die Höhe der Rauchtemperatur muß zum Schluß der Filter genannt werden. Dieser reinigt nämlich nicht nur den Rauch, sondern kann ihn je nach Beschaffenheit auch abkühlen. Während der normale Zelluloseazetatfilter mit Glyzerintriazetateinlage zur Festigung desselben den Zugwiderstand stark erhöht und dadurch den Rauch der normalen Filterzigarette heißer werden läßt als den Rauch der filterlosen Zigarette, haben wir mit dem Denicotea-Kieselgelfilter (s. Abb. 17) den 50°C heißen Rauch einer filterlosen Zigarette auf 38°C reduzieren können. Dieser Effekt kommt durch die bereits erwähnte mehrere 100 m^2 große Oberfläche der Filterkristalle zustande.

Der Rauch der Mentholzigarette ist genauso heiß wie derjenige der normalen Filterzigarette. Das Gefühl der Kühle kommt lediglich durch eine chemische Reizung der Kälterezeptoren der Mundschleimhaut zustande.

Daß der Rauch zwei Zentimeter über der Glut beim Reverse Smoking in der Mundhöhle fast 100°C beträgt, ist kein Wunder, wenn man bedenkt, daß die Glut im Zentrum fast 900°C heiß ist (53). Unsere Werte beim Reverse Smoking entsprechen denen von Q u i g l e y et al. (74), welche maximal 120°C Rauchtemperatur über der Gaumenschleimhaut maßen.

5.2. Die Mundstück- bzw. Filtertemperaturen

Die Temperatur des Mundstückes bzw. des Filters eines Tabakerzeugnisses ist unmittelbar von der Temperatur des durchströmenden Rauches bzw. von der Nähe der Glut abhängig. Nach dem ersten Zug, also kurz nach dem Anzünden des Rauchobjektes, haben alle Mundstücke bzw. Filter fast die gleichen Temperaturen (s. 4.2.3). Die Schwankungsbreite unter den neun verschiedenen getesteten Tabakwaren betrug nur 2,41°C.

Vergleicht man die Ergebnisse der Übersichtstabelle auf der Abb. 52, so stellt man, wie schon bei den Rauchtemperaturen fest, daß die Spitze, welche völlig außer Mode gekommen ist, und der Denicotea-Filter, dessen Existenz den meisten Rauchern unbekannt ist, die Lippen zumindest thermisch mit nicht mehr als durchschnittlich 31,5°C beim letzten Zug außerordentlich schonen, während bei der Zigarre (besonders beim Stumpen) mit fast 60°C eine thermische Reizung evident wird, welche unter Umständen der Entstehung eines Lippenkarzinoms förderlich sein kann. Dasselbe gilt auch für die Pfeife.

Der Filter der Filterzigarette hat die schlechte Eigenschaft, sich durch seine Triazetineinlagerung relativ hoch, nämlich auf durchschnittlich 50°C, bei den letzten Zügen einer Zigarette aufzuheizen. Dennoch muß als Vorteil des Filters gewertet werden, daß selbst beim Rauchen bis zum Filter, exzessive Temperaturen die Lippen nicht belasten können, während es bei der filterlosen Zigarette dem Raucher überlassen bleibt, wann er die Zigarette löscht.

Im Experiment ließen wir die Probanden die filterlose Zigarette nach dem Coresta-Standard (s.4.1.20) nur bis 24 mm vor das Ende rauchen und erzielten dabei bereits eine Mundschleimhauttemperatur von durchschnittlich 54°C, welche wir auch als Lippenkontakttemperatur bezeichneten, da wir die Thermoelementspitze auf dem Mundstück exakt am Lippen-

kontaktpunkt, hinreichend mit Isolierband gegen die Schleimhauttemperatur der Lippe isoliert, plazierten.

5.3 Die Schleimhauttemperaturen

Aufgrund der hohen Wärmekapazität der feuchten Mundschleimhaut und der geringen Wärmekapazität des gasförmigen Rauches sind die Erwärmungen der Mundschleimhaut, die wir massen, viel zu niedrig, als daß sie für die Karzinogenese des Mundhöhlenkarzinoms in Frage kommen.

Q u i g l e y et al. (74) geben an, bei Reverse Smokern Schleimhauttemperaturen bis 64°C gemessen zu haben. Wir konnten im Eigenversuch maximal 43,71°C erzielen. Der von uns ermittelte Durchschnittswert von 40,82°C, der einer durchschnittlichen Schleimhauttemperatursteigerung von 4,11°C entspricht, scheint glaubwürdig zu sein.

Es muß vermerkt werden, daß Q u i g l e y et al. ihre Messungen an Eingeborenen machten, während im Eigenversuch die Sorge um Verbrennungen der Mundschleimhaut zu eher zaghaften und kürzeren Zügen veranlaßte.

Gegen Ende unserer Untersuchungen machten wir eine interessante Feststellung. Wir ließen die Probanden 54°C heiße Luft "rauchen" in der Erwartung, dieselbe Schleimhauttemperaturerhöhung zu erhalten, wie bei dem annähernd 54°C heißen Rauch der Filterzigarette. Tatsächlich aber erfuhr die Schleimhaut eine Abkühlung um durchschnittlich 0,5°C, während der Rauch der Filterzigarette die Schleimhaut um durchschnittlich 0,5°C erwärmte.

Andererseits ließen wir die Probanden Wasserpfeife rauchen, wodurch "kalter", d.h. 26°C warmer Rauch auf die Schleimhaut traf. Da die Mundschleimhaut an allen Stellen wärmer als 36°C ist, erwarteten wir eine deutliche Abkühlung. Statt-

dessen erzielten wir eine deutliche, wenn auch geringe Erwärmung der Mundschleimhaut um durchschnittlich 0,2°C.

Beide Phänomene lassen den Schluß zu, daß sämtliche Temperaturerhöhungen der Schleimhaut, die beim Rauchen zweifellos gemessen werden können (53, 74), weniger physikalisch durch die Rauchtemperatur, sondern eher chemisch durch Reizstoffe des verbrennenden Tabaks hervorgerufen werden. Zu diesen Reizstoffen werden Ammoniak, flüssige Säuren, Aldehyde, Phenole und Ketone gezählt (81).

Da das Nikotin gefäßverengend wirkt und durch die Anämisierung der Schleimhäute eher Temperatursenkungen hervorrufen müßte, sind die gemessenen Temperaturerhöhungen nur durch Reizstoffe erklärlich, die eine stärkere Schleimhautdurchblutung (Hyperämie) mit der Folge des Temperaturanstiegs hervorrufen. Da das Nikotin auf jeden Fall durch die Mundschleimhaut resorbiert wird (4, 5, 6, 54), muß gefolgert werden, daß die spezifischen Reizstoffe des verbrennenden Tabaks so stark wirksam sind, daß sie die Nikotinwirkung aufheben und in einer überschießenden Reaktion sogar eine Gefäßerweiterung verursachen.

Da Nikotin, als ganglienstimulierendes Pharmakon, überdosiert Dauerdepolarisationen hervorruft, d.h. die Reizübertragung in den Synapsen des vegetativen Nervensystems hemmt, kommt auch das Nikotin selbst als verantwortlicher Faktor für die Zunahme der Gefäßdurchmesser in Frage. Ob dieser Überdosierungseffekt an den Gefäßen der Mukosa wirklich durch Rauchen erreicht werden kann, können wir nicht beantworten.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit untersucht erstmals systematisch die Rauch-, Schleimhaut- und Mundstück- bzw. Filtertemperaturen aller bekannten Tabakwaren durch Aufzeichnung von Temperaturkurven, die die exakte Auswertung der Temperaturverläufe vom Anzünden bis zum Löschen des Rauchobjektes erlauben.

Als Meßaufbau kamen spezielle Miniatur-Mantelthermoelemente mit einem 5 kV-Trennverstärker und speziell entwickelten Mundhaltevorrichtungen zur Anwendung, welche physiologische Messungen bei geschlossenem Mund erlaubten. Zum ersten Mal wurde von uns die Lufttemperatur des abgedichteten äußeren Gehörganges als Bezugstemperatur für die empfindlichen Schleimhauttemperaturmessungen herangezogen.

Da bei starken Rauchern häufig leukoplakische Veränderungen beobachtet werden, haben wir die thermische Schleimhautbelastung durch das Rauchen näher untersucht, um einen Beitrag zur Diskussion zu leisten, ob Mundhöhlenkarzinome des starken Rauchers allein durch die thermische Reizung der Schleimhaut entstehen können.

Wir kommen zu dem Schluß, daß keine Form des Rauchens so starke Schleimhauttemperaturerhöhungen verursacht, daß dies wahrscheinlich erscheint. Die Hauptursache für die Entstehung der Mundhöhlenkarzinome scheint doch bei der Toxizität des Kondensats zu liegen.

Selbst beim internen Rauchen (Reverse Smoking) erwärmt sich die Schleimhaut unseren Messungen zufolge nur um maximal $4^{o}C$. Von den bei uns üblichen Tabakwaren belastet die leichte Filterzigarette die Schleimhaut mit einer durchschnittlichen Temperaturerhöhung von maximal $0,5^{o}C$ am wenigsten, die Zigarre mit maximal $2,4^{o}C$ am stärksten. Eindeutig stellten wir fest, daß der Raucher sich thermisch am besten durch den Gebrauch einer Spitze mit Kieselgelkristallfilter als

Zigarettenvorsatz schützen kann, wodurch die Erhöhung der Schleimhauttemperatur auf max. 0,4°C reduziert wird.

Diese geringen durch das Rauchen bedingte Temperaturzunahmen der Mundschleimhaut werden durch die unterschiedlichen Wärmekapazitäten der Schleimhaut und des Rauches verursacht.

Die Tatsache, daß wir mit Heißluft, die in ihrer Temperatur dem Rauch der leichten Filterzigarette entsprach, keine Temperatursteigerung an der Schleimhaut erzielen konnten, der kalte Rauch der Wasserpfeife dagegen deutliche Temperaturzunahmen hervorrief, ist ein Beweis dafür, daß der chemischen, transmukösen Wirkung der spezifischen Reizstoffe des Tabakrauchs eine größere Bedeutung zukommt, als dem Nikotin.

Ein Überblick über pathologische, durch das Rauchen bedingte Veränderungen der Mundhöhle, über bisherige Temperaturmessungen in der Mundhöhle und über die technischen Möglichkeiten der Temperaturmessung der Haut und Schleimhaut, wird in der Einleitung gegeben.

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. Abakumova, E.A. and Semenov, N.V.: Temperature of teeth in normal conditions and during carious condition and pulpitis. Stomatologiva (Sofia) 43, 16-20 (1964)

2. Ainamo, J.: The seeming effect of tobacco consumption on the occurence of periodontal disease and dental caries. Suom. Hammaslääk. Toim. 67, 87-94 (1971)

3. Alexander, A.G.: The relationship between tobacco smoking calculus and plaque accumulation and gingivitis. Dental health 9, 6-8 (1970)

4. Armitage, A.K. and Turner, D.M.: Absorption of nicotine in cigarette and cigar smoke through the oral mucosa. Nature 226, 1231-1232 (1970)

5. Armitage, A.K., Dollery, C.T., George, C.F., Houseman, T.H., Lewis, P.J. and Turner, D.M.: Absorption and metabolism of nicotine from cigarettes. Brit. Med. J. 4, 313-316 (1975)

6. Armitage, A.K., Dollery, C.T., Houseman, T.H., Kohner, E.M., Lewis, P.J. and Turner, D.M.: Absorption of nicotine by man during cigar smoking. Brit. J. Pharmacol. 59, 493 (1977)

7. Arno, A., Waerhaug, J., Lovdal, A. and Schei, O.: Incidence of gingivitis as related to sex, occupation, tobacco consumption, toothbrushing and age. Oral Surg. 11, 587-595 (1958)

8. Bättig, K.: Die Toxikologie des Tabaks, 1. Aufl. Bern-Stuttgart: Hans Huber 1962.

9. Bastiaan, R.J. and Reade, P.C.: The effects of tobacco smoking on oral and dental tissues. Aust. dent. J. 21, 308-315 (1976)

10. Baumann, G.: Temperaturmessungen an vitalen und devitalen Zähnen. Inaugural-Diss. Mainz, 1952

11. Bhangoo, K.S.: Oesophageal cancer.
Lancet, I, 513 (1974)

12. Bloodgood, J.C.: Cancer of the tongue. A preventable disease.
J. Amer. med. Ass. 77, 1381 (1921)

13. Brandtzaeg, P. and Jamison, H.C.: Study of periodontal health and oral hygiene in norwegian army recruits.
J. Periodont. 35, IV, 302-307 (1964)

14. Brill, N., Maeda, T. and Stolze, K.: Does a temperature gradient exist across the mucogingival junction?
J. oral Rehabil. 5, I, 81-87 (1978)

15. Brookman, R.: Relief ulcer sores on resumption of cigarette smoking.
Calif. Med. 93, 235-236 (1960)

16. Browne, R.M.: The variation of the temperatures of the gingiva under conditions of occlusal traumatism.
J. dent. Res. 40, 1276 (1961)

17. Brunning, D.A.: Oesophagus cancer and hot tea.
Lancet I, 272 (1974)

18. Budylina, S.M., Kolesnikov, L.L. and Poliakov, V.V.: The topography of temperature indices of the oral cavity.
Stomatologiya (Mosk.) 49, I, 76-78 (1970)

19. Castigliano, S.G.: Influence of continued smoking on the incidence of second primary cancers involving mouth, pharynx and larynx.
J. Amer. dent. Ass. 77, 580-585 (1968)

20. Chellemi, S.J., Olson, D.L. and Shapiro, S.: The association between smoking and aphtous ulcers.
Oral Surg. 29, VI, 832-836 (1970)

21. Christen, A.G.: The clinical effects of tobacco on oral tissue.
J. Amer. dent. Ass. 81, 1378-1382 (1970)

22. Colman, G., Beighton, D., Chalk, A.J. and Wake, S.: Cigarette smoking and the microbial flora of the mouth.
Aust. dent. J. 21, II, 111-118 (1976)

23. C o r n , M.: Characteristics tobacco sidestream smoke and factors influencing its concentration and distribution in occupied spaces.
Scand. J. Respir. Dis. (Suppl.) 29, 21-36 (1974)

24. C o u r a n t , P.: The effect of smoking on the anti-lactobacillus system in saliva.
Odont. Revy 18, 251-261 (1967)

25. D ö r s c h u g , H.: Untersuchungen über den Wert einer arteriolen Funktionsprüfung für die objektive Beurteilung balneotherapeutischer Maßnahmen am Parodontium.
Inaugural-Diss. Tübingen, 1962

26. D ö r s c h u g , W.: Untersuchungen über das reaktive Verhalten des gesunden und kranken marginalen Parodontiums nach Abkühlung mit der von Weissenfluh'schen Munddusche.
Inaugural-Diss. Tübingen, 1961

27. D o g o n , J.L., A m d u r , B.H. and B e l l , K.: Observations on the diurnal variation of some inorganic constituents of human parotid saliva in smokers and non-smokers.
Arch. oral Biol. 16, 95-105 (1971)

28. D o r s e y , C.: More observations on relief of aphtous stomatitis on resumption of cigarette smoking.
Calif. Med. 101, 377-378 (1964)

29. E i c h e l , B. and S h a r i k , H.A.: Tobacco smoke toxicity: loss of human oral leukocyte function and fluid-cell metabolism.
Science 166, 1424-1428 (1969)

30. E l z a y , R.P.: Effect of alcohols and cigarette smoke as promoting agents in hamster pouch carcinogenesis.
J. dent. Res. 48, VI, 1200-1206 (1969)

31. F r a n d s e n , A. and P i n d b o r g , J.J.: Tobacco and gingivitis difference in the action of cigarette and pipe smoking.
J. dent. Res. 28, 464-465 (1949)

32. F r a n k e , J.: Über Temperaturmessungen an der Zahnumgebung und ihre Bedeutung für die Kenntnis der Durchblutungsverhältnisse des gesunden und erkrankten Parodentiums.
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 1368-1375 (1951)

33. F r a n k e , J.: Über die verschiedenartige Reizbeantwortung des gesunden und erkrankten Parodentiums - beurteilt nach der Gewebetemperaturänderung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 1, 225-231 (1954)

34. F r e r i c h , G.: Die Temperatur der Mundschleimhaut und ihre Veränderung bei pathologischen Prozessen.
Inaugural-Diss. Bonn, 1956

35. G e h l b a c h , S.H., P e r r y , L.D., W i l l i a m s , W.A., F r e e m a n , J.I., L a n g o n e , J.J., P e t a , L.V. and V u n a k i s , H. van: Nicotine absorption by workers harvesting green tobacco.
Lancet, I, 478-480 (1975)

36. G ö t z e , W. und M a i e r , W.: Untersuchung über die elektr. Zahnbürste Broxodont unter besonderer Berücksichtigung des kapillarmikroskopischen Bildes und der Temperatur am Zahnfleisch vor und nach der Behandlung.
Zahnärztl. Welt 18, 532-534 (1963)

37. H a r d t , E.: Temperaturmessungen an der Zunge.
Inaugural-Diss. Mainz, 1952

38. H a r d y , J.D.: The radiation power of human skin in the infrared.
Amer. J. Physiol. 127, 454-462 (1939)

39. H e i t m a n , K., D o r m a n , H.L. and C o l l i n g s , C.K.: Temperature recordings in the dental pulp during cryo surgery.
J. Periodont. 40, 655-658 (1969)

40. H e n s c h l e r , D.: Rauchen und Krebsgefährdung.
Zahnarzt 12, 3-17 (1968)

41. H e r r m a n n , M.: Temperaturverhältnisse an der Mundschleimhaut, der Zunge und den Zähnen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 539-543 (1953)

42. I p s e n , J.: Hauttemperaturen, 1. Aufl. Leipzig: Thieme 1936

43. J a c k s o n , J.A.: Heavy smoking and sodium chloride hypogeusia.
J. dent. Res. 46, IV, 742-744 (1967)

44. K a s s e l , V.: Tabak und Zähne.
Zahnärztl. Rdsch. 5, 178 (1965)

45. Kenney, E.B., Saxe, S.R. and Bowles, R.D.: The effect of cigarette smoking on anaerobiosis in the oral cavity.
J. Periodont. 46, II, 82-85 (1975)

46. Kenney, E.B., Kraal, J.H., Saxe, S.R. and Jones, J.: The effect of cigarette smoke on human oral polymorphonuclear leukocytes.
J. periodont. Res. 12, 227-234 (1977)

47. Kier, L.D., Yamasaki, E. and Ames, B.N.: Detection of mutagenic activity in cigarette smoke condensates.
Proc. Nat. Acad. Sci. USA 71, 4159-4163 (1974)

48. Kingsley, H.J.: Unusual way of smoking: Adda poga or candela pa den reverse smoking.
Cent. Afr. J. Med. 12, 56 (1966)

49. Knorr, M. und Gräf, W.: Thermische Fragen und Versuche beim kalten Essen und Trinken.
Arch. Hyg. 144, 569-576 (1961)

50. Kohlrausch, F.: Praktische Physik, 22. Aufl.
Stuttgart: Teubner 1968

51. Krüger, E.: Lehrbuch der chirurgischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 2. Aufl. Berlin: Quintessenz 1976

52. Krut, L.H., Perrin, M.J. and Bronte-Stewart, B.: Taste Perception in smokers and non-smokers.
Brit. med. J. 1, 384-387 (1961)

53. Lam, J.: Measuring temperature during combustion in cigarettes, cigarillos, cigars and pipes.
Acta path. microbiol. scand. 36, 503-510 (1955)

54. Larson, P.S., Haag, H.B. and Silvette, H.: Absorption of nicotine under various conditions of tobacco use.
Ann. N.Y. Acad. Sci. 90, 31-35 (1960)

55. Lazare, M.: Oral temperatures. An interesting observation in the presence of oral inflamation.
Oral Surg. 23, 446 (1967)

56. Lilienthal, B., Amarena, V. and Gregory, G.: An epidemiological study of chronic periodontal disease.
Arch. oral Biol. 10, 553-566 (1965)

57. Lindorf, M. M. und Gaussen, A.: Vergleichende thermographische Studie der Gefäßwirkung von Lokalanästhetika ohne vasokonstriktiven Zusatz.
Dtsch. zahnärztl. Z. 29, 1056-1059 (1974)

58. Lisai, L. T.: Su una particolare forma di leukoplasia del palato duro.
Minerva chir. (Turin) 6, 489-494 (1951)

59. Luezа, J. M.: La bouche et le tabac.
Concours méd. 44, 6835 (1977)

60. Marano, P. D.: Reverse smoking and the insulated denture.
J. Amer. dent. Ass. 92, 599-601 (1976)

61. Mehta, F. S., Daftary, D.K., Shroff, B.C. and Sanghavi, L.D.: Clinical and histologic study of oral leukoplakia in relation to habits.
Oral Surg. 28, III, 372-388 (1969)

62. Mehta, F.S., Shroff, B.C., Gupta, P.C. and Daftary, D.K.: Oral leukoplakia in relation to tobacco habits.
Oral Surg. 34, III, 426-433 (1972)

63. Melczer, N.: Präkanzerosen und primäre Krebse, 1. Aufl. Budapest: Ungar. Akademie der Wissenschaften 1961.

64. Miller, W.D.: Die Mikroorganismen der Mundhöhle, 2. Aufl. Leipzig: Thieme 1892.

65. Mizusaki, S., Okamoto, A., Akiyama, A. and Fukuhara, Y.: Relation between chemical constituents of tabacco and mutagenic activity of cigarette smoke condensate.
Mutat. Res. 48, 319-325 (1977)

66. Moore, C.: Smoking and cancer of the mouth, pharynx and larynx.
J. Amer. med. Ass. 191, 283-286 (1965)

67. Nenninger, H.: Vergleichende Temperaturmessungen an der Wangenschleimhaut des Menschen.
Inaugural Diss. Mainz, 1952.

68. Pfleiderer, H. und Büttner, K.: Die physiologischen und physikalischen Grundlagen der Hautthermometrie, 8. Aufl. Leipzig: Barth 1935.

69. P i n d b o r g , J.J.: Tobacco and gingivitis.
J. dent. Res. 26, 261-264 (1947)

70. P i n d b o r g , J.J.: Tobacco and gingivitis. Correlation between consumption of tobacco, ulceromembranous gingivitis and calculus.
J. dent. Res. 28, 460-463 (1949)

71. P i s a r e v , U. and D i m i t r o v a , M.: Temperature changes in the oral cavity under the influence of an ultrashortwave field.
Stomatologiya 51, 59-64 (1969)

72. P o r t , T.: Das klinische Bild der Leukokeratosis nicotinica.
Zahnärztl. Welt 7, 239-240 (1965)

73. P r e b e r , H. and K a n t , T.: Effect of tobacco smoking on periodontal tissue of 15-year-old schoolchildren.
J. periodont. Res. 8, 278-283 (1973)

74. Q u i g l e y , L.F., C o b b , C.M. and H u n t , E.E.: Measurement of oral and burning zone temperatures during conventional and reverse cigarette smoking.
Arch. oral Biol. 10, 35-44 (1965)

75. Q u i g l e y , L.F., S h k l a r , G. and C o b b, C.M.: Reverse cigarette smoking in caribbeans: Clinical, histologic and cytologic observations.
J. Amer. dent. Ass. 72, 867-873 (1966)

76. Q u i g l e y , L.F., C o b b , C.M., S c h o e n f e l d , S., H u n t , E.E. and W i l l i a m s , Ph.: Reverse smoking and its oral consequences in caribbean and south american peoples.
J. Amer. dent. Ass. 69, 426-442 (1964)

77. R a m u l u , C., R a j u , M.V.S., V e n k a t a r a t h n a m , G. and R e d d y, C.R.R.M.: Nicotine stomatitis and its relation to carcinoma of the hard papate in reserve smokers of chuttas.
J. dent. Res. 52, IV, 711-717 (1973)

78. R a t s c h o w , M.: Die peripheren Durchblutungsstörungen, 5. Aufl. Dresden u. Leipzig: Steinkopf 1953.

79. R e d d y , M., R a j a k u m a r i, K. and R a m u l u , C.: Regression of stomatitis nicotina in persons with a long-standing habit of reverse smoking.
Oral Surg. 38, IV, 570-583 (1974)

80. Riethe, P. und Braun-Falco, O.: Beitrag zur Kenntnis der Leukokeratosis nicotina palati. Dtsch. zahnärztl. Z. 7, II, 1288-1292 (1952)

81. Royal College of Physicians: Rauchen und Gesundheit (Übersetzung), 1. Aufl. Freiburg: Hyperion 1962.

82. Russell, H., Feyerabend, C. and Cole, P.V.: Plasma nicotine levels after cigarette smoking and chewing nicotine gum. Brit. med. J. 1, 1043-1046 (1976)

83. Sallay, K. and Banoczy, J.: Remarks on the Possibilities of the simultaneous occurrence of hyperkeratisis of the mucous membranes and recurrent aphtae. Oral Surg. 25, 171-174 (1968)

84. Schelller, S., Posz, A., Tustanowski, J., Ilewicz, L. and Matuga, W.: Behaviour of artain non-specific immunity factors and immunoglobulins in the oral cavity and blood in subjects exposed to thermal stress. Czas. stomat. 30, II, 119-123 (1977)

85. Schievelbein, H.: Nikotin, Pharmakologie und Toxikologie des Tabakrauches, 11. Aufl. Stuttgart: Thieme 1968.

86. Schievelbein, H., Eberhardt, R., Löschenkohl, K., Rahlfs, V. and Bedall, F.K.: Absorption of nicotine through the oral mucosa. Agents and Actions 3/4, 254-258 (1973)

87. Schmalz, G. und Rotgans, J.: Erfahrungen mit dem Prep.-Trainer. Zahnärzt. Welt 16, 757-760 (1978)

88. Schmid, F., Lutze, R. und Ganssen, A.: Hauttemperaturdifferenzen bei odontogenen Entzündungen. Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 361-369 (1969)

89. Schmidt, H.: Entzündliche Parodontopathien und periphere Durchblutungsstörungen. - Ergebnisse von Temperaturmessungen. Dtsch. zahnärzt. Z. 28, 247-251 (1973)

90. Schmidt, H.-J.: Der Einfluß des Tabakrauches auf Weich- und Hartgewebe der Mundhöhle. Zahnärzt. Mitt. 58, 841-844 (1968)

91. Schmidt, P. und Kairies, A.: Über die Entstehung von Erkältungskatarrhen und eine Methode zur Bestimmung der Schleimhauttemperaturen, 1. Aufl. Jena: Fischer 1932.

92. Schneider, H.G.: Wiedererwärmungszeit-Messungen der Gingiva nach Zahnfleisch-Massage und Mundspülungen.
Zahnärztl. Welt 12, 420-422 (1965)

93. Schwartz, D.L.: Stomatitis nicotina of the palate.
Oral Surg. 20, III, 306-315 (1965)

94. Schwenzer, N.: Veränderungen der Mundschleimhaut durch chronische Reize unter Berücksichtigung des Rauchens.
Zahnarzt 12, 4-10 (1968)

95. Setz, D. und Owassapian, S.: Temperaturmessung unter Kunststoffprothesen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 411-414 (1973)

96. Severin, I.: Leukokeratosis in a non-smoker.
Tandlaegebladet 77, 340-343 (1973)

97. Shapiro, S., Olson, D.L. and Chellemi, S.J.: The association between smoking and aphtous ulcers.
Oral Surg. 30, V, 624-629 (1970)

98. Shuler, R.L.: Effect of cigarette smoking on the circulation of the oral mucosa.
J. dent. Res. (suppl.) 47, 910-915 (1968)

99. Silverman, S. and Griffith, M.: Smoking characteristics of patients with oral carcinoma and the risk for second oral primary carcinoma.
J. Amer. dent. Ass. 85, 637-640 (1972)

100. Silvette, H., Larson, P.S. and Haag, H.B.: Immunological aspects of tobacco and smoking.
Amer. J. med. Sci. 234, 561-589 (1957)

101. Sircus, W., Church, R. and Kelleher, J.: Recurrent aphtous ulcerations of the mouth.
Quart. J. Med. 26, 235-250 (1957)

102. Solomon, H.A., Priore, R.L. and Bross, I.D.J.: Cigarette smoking and periodontal disease.
J. Amer. dent. Ass. 77, 1081-1084 (1968)

103. Stoops, L.C. and Scott, D.: Measurement of tooth temperature as a mean of determing pulp vitality.
J. Endodont. 2, 141-145 (1976)

104. Tenovuo, J. and Mäkinen, K.K.: Concentration of thiocyanate and ionizable iodine in saliva of smokers and nonsmokers.
J. dent. Res. 55, IV 661-663 (1976)

105. Thiel, H. van und Klötzer, W.: Zur sogenannten Wärmestauung unter Kunststoffprothesen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 2, 113-119 (1962)

106. Thoma, K.H.: Stomatitis nicotina and its effects on the palate.
Amer. J. orthop. Surg. 27, 38-41 (1941)

107. Thomas, M.A.R.: Halitosis.
J. Canad. dent. Ass. 7 IV, 182-183 (1941)

108. Thomas, W.R., Holt, P.G. and Keast, D.: Recovery of immune system after cigarette smoking.
Nature 248, 358-359 (1974)

109. U.S. Study Group on Smoking and Health: Smoking and health.
Science 125, 1129 (1957)

110. U.S. Surgeon General's Advisory Committee on Smoking and Health: Report of the committee. Publication No. 1103 Washington US. Governement Printing office, 1964.

111. Veltmann, G.: Dermatologie für Zahnmediziner, 1. Aufl. Stuttgart: Thieme 1978.

112. Virtanen, K. and Holmberg, S.M.: Temperatures of the mucosa underlying complete maxillary denture.
Soum. Hammaslääk. Toim. 63, 212-218 (1967)

113. Witte, M., Lange, D.E. und Bispinck, H.: Temperaturmessungen während des Gebrauchs zahnärztlicher Ultraschallgeräte.
Dtsch. zahnärztl. Z. 33, I, 33-38 (1978)

114. Wyk, C.W. van: The effects of certain tobacco habits on the oral mucosa of bantu-speaking people.
Proc. int. Acad. oral Path. 213-219 (1970)
Johannesburg

115. P h i l i p s GmbH, Unternehmensbereich für Wissenschaft und Industrie: Temperaturmessungen mit Philips Miniatur-Mantel-Thermoelementen Thermocoax.
Philips Firmenschrift (Kassel) 8, 11, 12

8. ANHANG

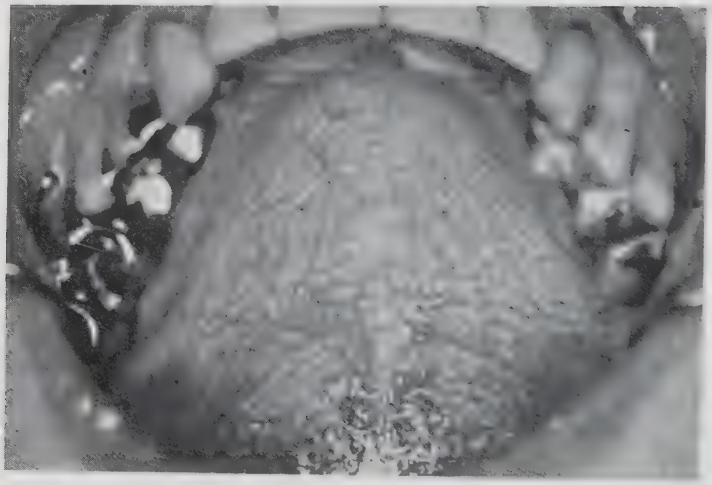


Abb. 54 Typische Leukokeratosis nicotinica palati bei 51jährigem starken Pfeifenraucher.

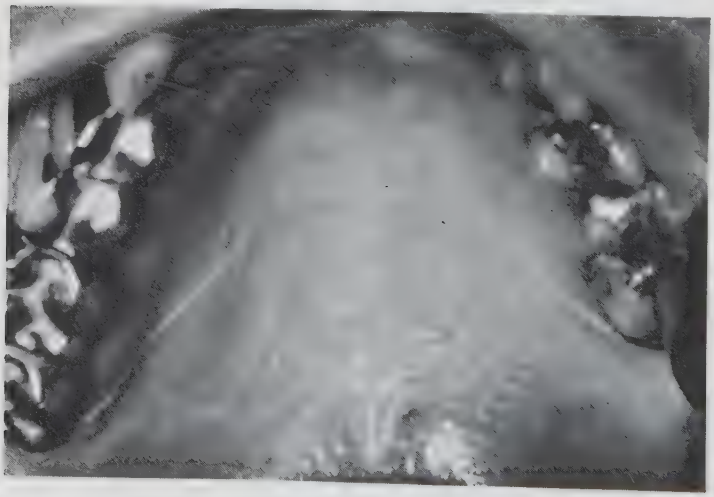


Abb. 55 Deutlicher Rückgang der Schleimhautveränderungen bereits 1 Woche nach Eingliedern einer Erko-Pressplatte zum Schutz vor chemischen und physikalischen Reizen.

LEBENSLAUF

Am 21. August 1954	wurde ich, Hans-Günther Heinrich Fritz, als Sohn des Bild-Journalisten Hans Fritz und seiner Ehefrau Eleonore, geb. Korn, in Essen geboren.
Von 1961 bis 1965	besuchte ich die Volksschule in Zweibrücken,
von 1965 bis 1966	das altsprachliche Herzog-Wolfgang-Gymnasium in Zweibrücken und
von 1966 bis 1973	das altsprachliche Reuchlin-Gymnasium in Pforzheim, wo ich
am 20. Juni 1973	die Reifeprüfung bestand.
Am 1. August 1973	begann ich im zahntechnischen Labor R. & H. Geigle in Mühlacker eine Zahntechnikerlehre.
Am 1. März 1974	wurde ich zum Studium der Zahnmedizin an der Universität Tübingen zugelassen, wo ich
am 13. März 1975	die naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnärzte ablegte und
am 12. Oktober 1976	die zahnärztliche Vorprüfung bestand.
Am 28. September 1977	erhielt ich die Zulassung zum Studium der Medizin an der Universität Tübingen und bestand dort
am 3. April 1979	die ärztliche Vorprüfung.
Am 18. Dezember 1979	schloß ich die zahnärztliche Ausbildung mit der zahnärztlichen Prüfung (Staatsexamen) ab.

Herrn Prof. Dr.Dr. N. Schwenzer danke ich herzlich für die Überlassung des Themas.

Mein Dank gilt auch Herrn Dipl.-Phys. D. Lukas, der für den Versuchsaufbau sein Wissen und seine Erfahrung hilfsbereit zur Verfügung stellte, sowie der MTA Frau A. Wenger und Herrn stud.jur. Kellersmann für ihre Unterstützung bei den fotografischen Aufnahmen.